

W/O 2004/017047

10/PTS

10/524474

PCT/FR2003/002515

BT01 Rec'd PCT/PT 11 FEB 2005

1

Procédé, dispositif et machine d'essai de flexion pure éventuellement alternée

La présente invention concerne un procédé d'essai de flexion pure, éventuellement alternée, comportant la succession des étapes

5 consistant à :

a) réaliser ou choisir une éprouvette comportant deux zones extrêmes de préhension mutuellement opposées et une zone de flexion raccordant mutuellement les deux zones de préhension, ladite éprouvette présentant, dans un état de repos, un premier plan moyen que

10 chevauchent la zone de flexion et chacune des zones de préhension et qui constitue un premier plan de symétrie au moins pour la zone de flexion, et une surface moyenne pour la zone de flexion et chacune des zones de préhension, laquelle surface moyenne est perpendiculaire au premier plan moyen,

15 b) en laissant l'éprouvette à l'état de repos, saisir rigidement les deux zones de préhension de celle-ci en définissant pour chacune un axe respectif de pivotement perpendiculaire au premier plan moyen et occupant une position déterminée d'une part par rapport à la zone respective de préhension et d'autre part par rapport à la surface moyenne, et

20 c) imposer aux deux zones de préhension de l'éprouvette des rotations antagonistes commandées, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement respectif, à partir de l'état de repos, en laissant les axes de pivotement libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre, pour imposer une flexion éventuellement alternée à la zone de flexion, et

25 étudier le comportement de la zone de flexion en flexion pure, par exemple en mesurant la résistance opposée à ladite rotation par l'une, au moins, des zones de préhension de l'éprouvette pour en déduire l'évolution de la résistance de la zone de flexion à la flexion pure.

BEST AVAILABLE COPY

Par convention, on considère comme un procédé d'essai de flexion pure un procédé d'essai de flexion dont la mise en œuvre introduit dans la zone de flexion de l'éprouvette aussi peu d'efforts parasites que possible, à savoir plus précisément aussi peu d'efforts normaux et/ou tranchants que possible.

Par ailleurs, dans le cadre de la présente demande, la mention de rotations éventuellement alternées, associées à la notion d'essai de flexion pure éventuellement alternée, constitue une commodité de langage pour indiquer en particulier que :

- l'évolution des rotations au cours de l'essai peut être monotone, c'est-à-dire de sens constant, ou avec une ou plusieurs inversions de sens, et que
- s'il y a inversion de sens, les amplitudes maximales de sens opposés peuvent être égales ou différentes.

Un tel procédé a été décrit, dans une application aux essais de flexion pure alternée, par M. BRUNET, F. MORESTIN et S. GODEREAUX (2001, « Nonlinear Kinematic Hardening Identification for Anisotropic Sheet Metals With Bending-Unbending Tests », Journal of Engineering Materials and Technology, Volume 123, Pages 378-383), qui ont décrit en outre un dispositif et une machine pour la mise en œuvre de ce procédé.

Ce procédé connu met en œuvre un seul exemplaire de l'éprouvette, comme l'ensemble des procédés d'essai de flexion alternée antérieurement connus. Cependant, de façon spécifique à ce procédé, chacune des zones de préhension de l'éprouvette est retenue solidairement dans un mors respectif monté à pivotement, autour d'un axe respectif, dans un coulisseau respectif et placé en prise avec un dispositif d'entraînement commun aux deux mors et propre à leur imposer, de même qu'aux zones de préhension de l'éprouvette qui en sont ainsi respectivement solidaires, des

rotations antagonistes alternées autour de l'axe respectif de pivotement, par rapport au coulisseau respectif, afin d'imposer des flexions alternées à la zone de flexion de l'éprouvette, entre les mors. Les axes de pivotement des deux mors sont mutuellement parallèles et les deux coulisseaux sont montés

5 au coulisement sur une glissière commune, suivant une direction perpendiculaire à ces deux axes de pivotement qui, ainsi, peuvent s'éloigner ou se rapprocher mutuellement suivant cette direction en fonction d'une variation de longueur apparente de l'éprouvette entre ses deux zones de

10 préhension, c'est-à-dire entre les deux mors, suivant l'état de flexion de sa zone de flexion.

Le montage pivotant de chaque mors, autour de l'axe de pivotement respectif, dans le coulisseau respectif s'effectue par l'intermédiaire d'un arbre respectif, que chaque mors porte solidairement suivant l'axe de pivotement respectif et qui s'engage dans deux paliers du

15 coulisseau respectif. Entre ces deux paliers, cet arbre est en prise, par l'intermédiaire d'un train d'engrenages respectif, avec un arbre respectif d'entraînement lui-même monté en rotation, dans deux paliers du coulisseau respectif, autour d'un axe parallèle à l'axe de pivotement respectif et disposé, par rapport à celui-ci, de telle sorte que les axes de rotation des arbres

20 d'entraînement correspondant aux deux coulisseaux, c'est-à-dire aux deux mors, soient plus éloignés l'un de l'autre que les axes de pivotement de ces derniers. Chaque arbre d'entraînement est lui-même en prise par l'intermédiaire d'un joint de Oldham, à l'opposé du mors respectif par rapport au coulisseau respectif, avec un arbre de sortie respectif du dispositif

25 d'entraînement, constitué par un moteur électrique associé à un limiteur de couple.

On peut ainsi soumettre la zone de flexion de l'éprouvette à des flexions alternativement dans un sens et dans l'autre, d'une amplitude réglée par réglage de l'amplitude de rotation de chaque mors autour de l'axe de

pivotement respectif, par rapport au coulisseau respectif, cette amplitude de rotation étant identique à chaque instant pour les deux mors du fait de leur entraînement commun.

Dans ce dispositif connu, la résistance des mors et des zones de
5 préhension de l'éprouvette à l'encontre de leur rotation alternée, dont l'évolution permet de déduire l'évolution de la résistance de la zone de flexion à la flexion, est mesurée par des capteurs disposés sur les arbres d'entraînement, entre les joints de Oldham et les coulisseaux, pour mesurer les contraintes de torsion dans ces arbres d'entraînement.

10 Ce dispositif connu permet de maîtriser en permanence le pivotement de chaque zone de préhension autour de son axe de pivotement, c'est-à-dire la flexion de la zone de flexion entre les zones de préhension, et constitue en cela un progrès sensible par rapport aux dispositifs de l'Art antérieur, et en particulier par rapport à celui qui paraissait le plus
15 satisfaisant jusqu'alors en termes d'amplitude maximale de flexion, en particulier sur éprouvette de faible épaisseur, mesurée perpendiculairement à sa surface moyenne, à savoir le dispositif décrit par F. YOSHIDA, M. URABE et V. V. TOROPOV (1998, « Identification of Material Parameters in constitutive Model for Sheet Metals from Cyclic Bending Tests »,
20 International Journal for Mechanical Sciences, Volume 40, 2-3, Pages 237-249).

En effet, le dispositif de Yoshida et al. n'agit positivement, au moyen d'un moteur d'entraînement en rotation alternée, que sur une première des zones de préhension de l'éprouvette, dont la deuxième zone de
25 préhension est simplement retenue dans une orientation déterminée, par rapport à un bâti portant également le moteur, par l'intermédiaire d'ensembles coulisseau-glissière autorisant son déplacement suivant deux directions mutuellement perpendiculaires en vue d'autoriser les changements d'orientation de la première zone de préhension et les variations de la

longueur apparente de la zone de flexion entre les deux zones de préhension au fur et à mesure des flexions alternées.

Dans le dispositif de Yoshida et al., la zone de flexion sert ainsi d'intermédiaire de transmission de mouvement entre la zone de préhension
5 directement liée au moteur d'entraînement en rotation alternée, d'une part, l'autre zone de préhension ainsi que les ensembles coulisseau-glissière qui assurent sa retenue en orientation, d'autre part, et les frottements non négligeables qui apparaissent dans les liaisons entre coulisseaux et glissières provoquent l'apparition d'efforts parasites eux-mêmes non négligeables dans
10 l'éprouvette, et plus précisément dans sa zone de flexion, dont les conditions de flexion restent éloignées des conditions idéales de flexion pure. Il en résulte une part non négligeable d'erreur lorsqu'il s'agit de déduire l'évolution de la résistance de la zone de flexion à la flexion à partir d'une mesure de la résistance opposée à la rotation alternée par la zone de préhension liée au
15 moteur.

Une action positive simultanée, en pivotement, sur les deux zones de préhension de l'éprouvette permet de limiter à une seule direction le guidage de ces deux zones de préhension, c'est-à-dire en pratique des deux mors, au coulisement relatif dans le cas du dispositif de Brunet et al.,
20 c'est-à-dire permet de réduire les frottements, en comparaison avec le dispositif de Yoshida et al., et par conséquent de réduire les efforts parasites introduits dans la zone de flexion par les frottements et les perturbations qui s'ensuivent dans l'étude de l'évolution de la zone de flexion à la flexion, ainsi moins éloignée d'une flexion pure, mais ces frottements et ces efforts
25 parasites restent encore sensibles. En d'autres termes, les contraintes de torsion mesurées sur les arbres d'entraînement du dispositif de Brunet et al. sont dues non seulement à la résistance de la zone de flexion à la flexion, mais également à la résistance que les coulisseaux rencontrent par frottement sur la glissière lorsqu'ils doivent se rapprocher ou s'éloigner en

fonction des variations de longueur apparente de la zone de flexion entre les zones de préhension, c'est-à-dire entre les mors ; en outre, ces contraintes de torsion sont également liées pour partie à la résistance qu'opposent, à la rotation, les arbres portant les mors dans leurs paliers des coulisseaux, les engrenages de transmission de mouvement entre ces arbres et les arbres d'entraînement, et ces arbres d'entraînement dans leurs paliers des coulisseaux, ce qui peut également introduire une part non négligeable d'erreur dans l'interprétation de ces contraintes de torsion en termes de résistance de la zone de flexion à la flexion.

Le but de la présente invention est de remédier au moins à certains de ces inconvénients du procédé et du dispositif décrits par Brunet et al., et, dans des modes de mise en œuvre préférés de la présente invention, de remédier à l'ensemble de ces inconvénients.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de flexion pure éventuellement alternée, comportant la succession des étapes consistant à :

- a) réaliser ou choisir une éprouvette comportant deux zones extrêmes de préhension mutuellement opposées et une zone de flexion raccordant mutuellement les deux zones de préhension, ladite éprouvette présentant, dans un état de repos, un premier plan moyen que chevauchent la zone de flexion et chacune des zones de préhension et qui constitue un premier plan de symétrie au moins pour la zone de flexion, et une surface moyenne pour la zone de flexion et chacune des zones de préhension, laquelle surface moyenne est perpendiculaire au premier plan moyen,
- b) en laissant l'éprouvette à l'état de repos, saisir rigidement les deux zones de préhension de celle-ci en définissant pour chacune un axe respectif de pivotement perpendiculaire au premier plan moyen et occupant une

position déterminée d'une part par rapport à la zone respective de préhension et d'autre part par rapport à la surface moyenne, et

- c) imposer aux deux zones de préhension de l'éprouvette des rotations antagonistes commandées, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement respectif, à partir de l'état de repos en laissant les axes de pivotement libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre, pour imposer une flexion éventuellement alternée à la zone de flexion, et étudier le comportement de la zone de flexion en flexion pure par exemple en mesurant la résistance opposée à ladite rotation par l'une, au moins, des zones de préhension de l'éprouvette pour en déduire l'évolution de la résistance de la zone de flexion à la flexion,

comme le décrivent Brunet et al., ce procédé étant caractérisé, conformément à la présente invention, en ce qu'on le met en œuvre simultanément sur deux exemplaires, mutuellement identiques, de ladite éprouvette, en mettant en œuvre :

- l'étape b de telle sorte que les premiers plans moyens des deux exemplaires soient mutuellement parallèles et que les surfaces moyennes des deux exemplaires soient mutuellement symétriques par rapport à un point alors que les deux exemplaires sont à l'état de repos et de telle sorte que les axes de pivotement des deux exemplaires soient communs et mutuellement symétriques par rapport audit point, et
- l'étape c en appliquant de façon commandée autour de chaque axe de pivotement, aux zones de préhension respectivement correspondantes, des couples antagonistes, éventuellement alternés, de façon à imposer des flexions antagonistes éventuellement alternées aux zones de flexion des deux exemplaires, en laissant les axes de pivotement se déplacer librement l'un par rapport à l'autre.

Dans ces conditions, c'est chaque éprouvette qui, par ses zones de préhension liées entre elles par sa zone de flexion, oppose une résistance

à la flexion de la zone de flexion de l'autre éprouvette, entre les zones de
préhension de celle-ci, sans qu'il soit nécessaire d'assurer un quelconque
guidage des zones de préhension sur un quelconque bâti, et par conséquent
sans risque d'introduire dans la zone de flexion de chaque éprouvette des
5 efforts parasites résultant de frottements. Ainsi, la mesure de la résistance
opposée à la rotation par l'une, au moins, des zones de préhension est
beaucoup mieux représentative de la résistance que la zone de flexion
oppose à la flexion pure, étant entendu qu'une identité des deux exemplaires
de l'éprouvette sur lesquels s'effectue simultanément l'essai de flexion pure,
10 éventuellement alternée, permet de conserver en permanence, au moins
avec une bonne approximation, une symétrie des deux éprouvettes, à l'état
fléchi de façon antagoniste comme à l'état de repos, par rapport au point ou
centre de symétrie, c'est-à-dire un même état de flexion éventuelle de leur
zone de flexion et par conséquent une valeur sensiblement identique de la
15 résistance que la zone de flexion des deux éprouvettes oppose à la flexion
pure.

En relation avec les caractéristiques du procédé selon l'invention
et avec les conséquences avantageuses qu'elles entraînent ainsi, la présente
invention propose également un dispositif de flexion pure, éventuellement
20 alternée, sur une éprouvette du type indiqué en préambule, ce dispositif
comportant :

- une paire de mors dont chacun définit une fente de préhension solidaire
pour une zone respective de préhension de l'éprouvette, les fentes
présentant, dans une position relative de repos correspondant à l'état de
25 repos de l'éprouvette, un premier plan moyen que chevauche chacune
des fentes, et une surface moyenne pour chacune des fentes, surface
moyenne de part et d'autre de laquelle chaque fente présente une face
respective de serrage pour la zone respective de préhension de
l'éprouvette et qui est perpendiculaire au premier plan moyen des fentes,

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

- des moyens pour définir pour chaque mors un axe respectif de pivotement, de telle sorte que, dans la position relative de repos des mors, les axes de pivotement soient perpendiculaires au premier plan moyen des fentes, occupent une position déterminée par rapport au mors respectif, et soient libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre,
- des moyens commandés pour imposer aux mors des rotations antagonistes, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement respectif, à partir de la position relative de repos des mors, en laissant les axes de pivotement libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre, et
- des moyens pour mesurer le comportement de la zone de flexion de l'éprouvette en flexion pure, comportant par exemple :
 - des moyens de mesure de la résistance opposée à ladite rotation par l'un, au moins, des mors, et, le cas échéant,
 - des moyens pour en déduire l'évolution de la résistance de l'éprouvette à la flexion entre les mors,comme le proposent Brunet et al., ce dispositif étant caractérisé en ce que, pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention,
- il comporte deux jeux, mutuellement identiques, de ladite paire de mors, dont les premiers plans moyens des fentes sont mutuellement parallèles et dont les surfaces moyennes des fentes sont mutuellement symétriques par rapport à un point alors que les deux jeux occupent leur position de repos, dans laquelle chacun est apte à recevoir un exemplaire respectif de l'éprouvette à l'état de repos, dans une position relative des deux exemplaires telle qu'ils soient mutuellement symétriques par rapport audit point,
- les moyens pour définir les axes de pivotement des mors des deux jeux sont agencés de telle sorte que les axes de pivotement soient communs aux deux jeux, mutuellement symétriques par rapport audit point lorsque

les deux jeux occupent leur position de repos, et libres de se déplacer l'un par rapport à l'autre, et

- les moyens commandés pour imposer au mors des deux jeux des rotations antagonistes, éventuellement alternées, comportent des moyens
- 5 moteurs commandés pour appliquer autour de chaque axe de pivotement, aux mors correspondants, des couples antagonistes éventuellement alternés.

Au regard de la présente invention, la symétrie mutuelle des surfaces moyennes des fentes par rapport au point ou centre de symétrie

10 inclut le cas particulier dans lequel ces surfaces moyennes, alors planes, sont confondues suivant un plan qui inclut le point ou centre de symétrie.

Dans ce dispositif, les deux exemplaires de l'éprouvette constituent le seul lien mécanique entre deux ensembles moteurs mutuellement identiques dont chacun comporte :

- 15 - deux mors dont chacun est susceptible de recevoir solidairement une zone de préhension respective d'un exemplaire respectif d'une même éprouvette de flexion,
- des moyens pour définir un axe de pivotement relatif pour les deux mors, occupant une position déterminée par rapport à chacun des deux mors,
- 20 dans une position relative de repos,
- des moyens moteurs commandés pour imposer aux mors des rotations relatives, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif, à partir de la position relative de repos,

ces deux ensembles moteurs constituant, avec des moyens de

25 commande des moyens moteurs des deux ensembles moteurs, pour imposer aux mors respectifs des rotations relatives, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif respectif, et le cas échéant des moyens de mesure de la résistance opposée à la rotation relative par l'un, ou au moins, desdits mors, une machine d'essai de flexion pure, éventuellement alternée,

elle-même caractéristique de la présente invention, pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Naturellement, il est nécessaire de porter ou de supporter le dispositif selon l'invention, constitué de la machine ainsi conçue et des deux
5 exemplaires de l'éprouvette, en portant ou en supportant chacun desdits ensembles moteurs mutuellement identiques, mais on peut utiliser à cet effet des moyens introduisant dans les deux exemplaires de l'éprouvette des efforts parasites bien moindres, et bien moins gênants, que ceux qu'introduisent les frottements entre coulisseaux et glissières, dans les
10 dispositifs de l'Art antérieur précédemment commentés, et perturbant ainsi beaucoup moins l'état de la flexion pure dans les zones de flexion ainsi que l'étude de l'évolution de la résistance que les zones de flexion opposent à la flexion, à partir d'une mesure de la résistance opposée par l'un, au moins, desdits mors à sa rotation.

15 On peut, par exemple, utiliser à cet effet un coussin d'air ou un matelas hydraulique sur lequel l'ensemble du dispositif repose librement, ou encore une suspension entre la machine, par les ensembles moteurs et par l'intermédiaire de liens souples, à un point situé à un niveau aussi supérieur que possible à celui de la machine, ou encore faire reposer fixement l'un des
20 ensembles moteurs sur un support rigide et suspendre l'autre de la façon précitée de telle sorte que son poids ne se transmette pas à l'autre ensemble moteur par l'intermédiaire des deux exemplaires de l'éprouvette, ces exemples n'étant en aucune façon limitatifs.

On observera que le procédé, le dispositif et la machine selon
25 l'invention peuvent convenir à des éprouvettes présentant des conformations variées à l'état de repos, à savoir en particulier :

- toute forme de section courante, perpendiculairement au premier plan moyen et à la surface moyenne, notamment dans la zone de flexion,

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

12

- une conformation incurvée ou plane de leur surface moyenne qui, lorsqu'elle est plane, peut ou non constituer un deuxième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion,
 - ou encore une conformation symétrique ou non, au moins en ce qui
- 5 concerne la zone de flexion, par rapport à un troisième plan moyen qui est perpendiculaire au premier plan moyen et chevauché par la zone de flexion alors que les zones de préhension sont disposées respectivement de part et d'autre de lui,

ces exemples n'étant nullement limitatifs. Ainsi, à titre d'exemples

10 non limitatifs, on peut soumettre à un procédé de flexion, éventuellement alternée, selon l'invention, deux exemplaires mutuellement identiques d'une éprouvette en forme de plaque d'épaisseur constante, mesurée perpendiculairement à sa surface moyenne, et soit plate en particulier dans sa zone de flexion comme ce peut être le cas d'un échantillon de tôle brute,

15 soit cintrée ou ondulée en particulier dans sa zone de flexion, comme ce peut être le cas d'un échantillon de paroi de récipient métallique ou de tôle déroulée d'une bobine ou d'un échantillon de paroi de soufflet métallique, ou encore d'une éprouvette en forme de tige cintrée ou rectiligne, de section constante au moins dans sa zone de flexion, ou encore d'une éprouvette en

20 forme de plaque ou de tige dont la zone de flexion va en s'affinant de l'une des zones de préhension à l'autre.

Par contre, le procédé décrit par Brunet et al., compte tenu du mode d'entraînement des deux mors au pivotement autour de leur axe de pivotement et du mode de guidage des coulisseaux suivant une direction

25 perpendiculaire à ses axes, ne semble pouvoir s'appliquer qu'à des éprouvettes présentant à l'état de repos, et conservant à l'état fléchi, au moins deux plans de symétrie, mutuellement perpendiculaires, dont l'un est le premier plan de symétrie précité et dont l'autre est le troisième plan de symétrie précité, orienté perpendiculairement à la direction de coulissement

des deux coulisseaux et constituant en permanence un plan de symétrie entre les mors dans le cas du dispositif de Brunet et al..

A cet égard, dans le cadre de la présente demande, les mentions de premier, deuxième et troisième plans de symétrie constituent une commodité de langage et, en particulier :

- la mention d'un premier plan de symétrie n'implique pas nécessairement qu'il y ait d'autres plans de symétrie, et
- la mention d'un troisième plan de symétrie n'implique pas nécessairement qu'il y ait un deuxième plan de symétrie.

Si, comme il est cependant fréquent, l'éprouvette présente à titre de surface moyenne, dans son état de repos, un deuxième plan moyen qui constitue un deuxième plan de symétrie au moins pour sa zone de flexion, ce qui est par exemple le cas d'une éprouvette en forme de tige rectiligne ou d'une éprouvette en forme de plaque plate :

- on met en œuvre l'étape b de telle sorte que les deuxièmes plans moyens des deux exemplaires coïncident alors que les deux exemplaires sont à l'état de repos et de telle sorte que les axes de pivotement soient placés dans les deuxièmes plans moyens ainsi coïncidents, et
- dans le dispositif selon l'invention, si les fentes de chaque paire de mors présentent à titre de surface moyenne un deuxième plan moyen de symétrie entre les faces de serrage de chaque mors, dans la position de repos, la machine est agencée de telle sorte que les deuxièmes plans moyens des deux jeux de ladite paire de mors soient mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie alors que les deux jeux sont dans la position de repos, cette symétrie mutuelle incluant le cas particulier dans lequel ces deuxièmes plans moyens des deux jeux de la paire de mors coïncident et incluent le point ou centre de symétrie.

De même, si, l'éprouvette présente dans son état de repos un troisième plan moyen qui est perpendiculaire au premier plan moyen, est

chevauché par la zone de flexion alors que les zones de préhension sont disposées respectivement de part et d'autre de lui, et constitue un troisième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion, ce qui est également fréquent puisque c'est par exemple le cas si l'éprouvette présente la forme

5 d'une tige rectiligne de section constante et correspond au cas le plus fréquent d'éprouvettes en forme de plaque plate ou cintrée :

- on met en œuvre l'étape b de telle sorte que les troisièmes plans moyens des deux exemplaires de l'éprouvette coïncident alors que ces deux exemplaires sont à l'état de repos et de telle sorte que les axes de
- 10 pivotement soient mutuellement symétriques par rapport aux troisièmes plans moyens ainsi coïncidents, et
- en ce qui concerne la machine selon l'invention, alors que les fentes de chaque paire de mors présentent, dans la position de repos, un troisième plan moyen qui est perpendiculaire à leur premier plan moyen et de part
- 15 et d'autre duquel elles sont disposées, les troisièmes plans moyens des deux jeux de ladite paire sont mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie alors que les deux jeux de mors sont dans la position de repos, cette symétrie mutuelle des troisièmes plans moyens des deux jeux de la paire de mors incluant le cas particulier dans lequel
- 20 ces troisièmes plans moyens sont confondus et incluent le point ou centre de symétrie.

Divers modes de raccordement de chacune des zones de préhension à l'axe de pivotement respectivement correspondant peuvent être envisagés, mais on préfère un raccordement aussi direct que possible,

25 évitant l'introduction d'efforts parasites entre chaque exemplaire de l'éprouvette et les moyens destinés à mesurer la résistance opposée à la rotation par la zone de flexion de chacune d'entre elles.

A cet égard, selon un mode de mise en œuvre préféré du procédé selon l'invention, on met en œuvre l'étape b en raccordant chacune des

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

15

zones de préhension à l'axe de pivotement respectivement correspondant par un bras, les bras correspondant aux zones de préhension des deux exemplaires étant mutuellement symétriques par rapport audit point, et en raccordant les deux bras correspondant à un même axe de pivotement par un moteur commandé respectif, apte à provoquer des rotations antagonistes, éventuellement alternées, des deux bras autour de l'axe de pivotement respectif, les moteurs commandés correspondant aux deux axes de pivotement étant mutuellement identiques et autorisés à se déplacer librement l'un par rapport à l'autre.

10 A cet effet, respectivement pour chacun des ensembles moteurs de la machine selon l'invention :

- les moyens pour définir l'axe de pivotement relatif des deux mors comportent :
 - ♦ deux arbres coaxiaux montés à la rotation relative autour de l'axe de pivotement relatif,
 - ♦ deux bras dont chacun relie solidairement l'un des mors à l'un, respectif, des arbres, et
- les moyens moteurs commandés pour imposer aux mors des rotations relatives éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif, comportent un moteur commandé, mécaniquement indépendant du moteur commandé de l'autre ensemble moteur et apte à provoquer des rotations relatives, éventuellement alternées, des deux arbres,

20 si bien que le dispositif d'essai selon l'invention se caractérise alors en ce que :

- 25 - les moyens pour définir les axes de pivotement des deux jeux comportent :
 - ♦ suivant chacun des axes de pivotement , deux arbres coaxiaux respectifs montés à la rotation relative autour de l'axe de pivotement correspondant, et

♦ quatre bras, mutuellement symétriques par rapport audit point, dont chacun relie solidairement l'un, respectif, des arbres à l'un respectif, des mors correspondant au même axe de pivotement, et

- 5 - les moyens moteurs commandés pour appliquer autour de chaque axe de pivotement, aux mors correspondants, des couples antagonistes, éventuellement alternés, comportent deux moteurs commandés, mutuellement identiques et agencés de façon à pouvoir se déplacer librement l'un par rapport à l'autre, chacun des moteurs étant associé à l'un, respectif, des axes de pivotement et apte à provoquer des rotations
- 10 antagonistes, éventuellement alternées, des deux arbres respectivement correspondants,

chacun des moteurs commandés étant avantageusement constitué par un moteur électrique pas à pas, en particulier dans le but de faciliter le choix de l'amplitude de pivotement de chaque mors, c'est-à-dire de chaque

15 zone de préhension, autour de l'axe de pivotement respectif, par rapport au mors et à la zone de préhension correspondant au même axe de pivotement, c'est-à-dire pour faciliter le réglage de l'amplitude de flexion de chacune des zones de flexion, bien que d'autres moyens puissent être choisis à cet effet.

On peut alors mesurer la résistance opposée à la rotation par

20 l'une, au moins, des zones de préhension de l'un, au moins, des exemplaires de l'éprouvette en mesurant les contraintes de torsion sur l'un, au moins, des arbres coaxiaux de l'un, au moins, des ensembles moteurs, auquel cas on peut choisir ou réaliser chaque bras de telle sorte qu'il soit rigide en flexion suivant tout plan moyen et en torsion.

25 On préfère cependant faire en sorte que chaque bras soit élastiquement flexible suivant le premier plan moyen de l'exemplaire correspondant de l'éprouvette, c'est-à-dire également suivant le premier plan moyen de la fente du mors correspondant, c'est-à-dire suivant un plan moyen perpendiculaire à l'axe respectif de pivotement, avec une raideur

supérieure à celle de la zone de flexion de l'éprouvette, et soit rigide par ailleurs, ce qui permet de procéder à une mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras, dans une direction circonférentielle en référence à l'axe de pivotement correspondant, lesquelles contraintes de flexion sont beaucoup plus directement représentatives de la résistance de la zone de flexion à la flexion, auquel cas les moyens de mesure comportent des moyens de mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras, suivant ledit plan moyen.

On peut être tenté, à cet effet, de mesurer les contraintes de flexion subies par chacun des bras, en prévoyant des moyens de mesure appropriés sur chacun d'entre eux, mais les essais de validation du procédé selon l'invention, menés au moyen d'un dispositif et d'une machine selon l'invention, ont permis de déterminer qu'une mesure des contraintes de flexion subies par un seul des bras donnait un résultat significatif, avec une précision suffisante, quant à la résistance opposée à la flexion par la zone de flexion de chacune des éprouvettes, et quant à l'évolution de cette résistance à la flexion au fur et à mesure des flexions alternées, c'est-à-dire lors d'essais de fatigue à la flexion.

Pour faciliter la mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras, on prévoit de préférence que chacun des bras présente au moins une zone affaiblie en flexion suivant ledit plan moyen perpendiculaire à l'axe de pivotement correspondant, c'est-à-dire suivant une direction circonférentielle en référence à cet axe de pivotement correspondant, les zones ainsi affaiblies en flexion étant mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie, et on localise dans ladite zone de l'un, au moins, des bras les moyens de mesure des contraintes de flexion dans celui-ci.

Comme le comprendra aisément un Homme du métier, la symétrie dans le traitement des deux exemplaires de l'éprouvette et dans le dispositif

selon l'invention, cette symétrie par rapport à un point ou centre de symétrie lorsque les éprouvettes sont dans leur état de repos et les mors dans leur position de repos étant caractéristique de la présente invention, peut être obtenue de deux façons principales, par un agencement approprié des bras, des arbres et des moteurs.

En effet, cet agencement peut être tel que, dans l'état de repos des éprouvettes et dans la position de repos des mors :

- les axes de pivotement soient mutuellement parallèles et disposés respectivement de part et d'autre du point ou centre de symétrie, auquel cas, si chaque exemplaire de l'éprouvette présente dans son état de repos le troisième plan moyen précité et si ce plan moyen constitue non seulement un plan de symétrie pour la zone de flexion mais également un plan de symétrie mutuelle pour les zones de préhension, les bras correspondant aux zones de préhension des deux exemplaires peuvent avantageusement être mutuellement identiques, ou encore
- les axes de pivotement soient confondus et passent par le point ou centre de symétrie, ce positionnement relatif étant considéré comme un cas particulier de symétrie mutuelle des axes de pivotement par rapport au point ou centre de symétrie au regard de la présente invention.

Dans un cas comme dans l'autre, la machine et le dispositif selon l'invention peuvent présenter une grande simplicité de réalisation, si bien qu'en dépit de l'utilisation de deux moteurs, leur prix de revient reste compétitif au regard de celui des dispositifs de l'Art antérieur, et leur fiabilité est par contre considérablement accrue.

Bien que, comme on l'a indiqué précédemment, des éprouvettes de conformations très différentes puissent être soumises à des essais de flexion conformément à la présente invention, on réalise ou choisit chaque exemplaire de l'éprouvette, lors de l'étape a du procédé selon l'invention, de

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

19

telle sorte qu'il présente la forme d'une plaque dont l'épaisseur est orientée perpendiculairement à la surface moyenne, auquel cas :

- ladite épaisseur est de préférence constante au moins dans la zone de flexion,
- 5 - chaque exemplaire de l'éprouvette présente de préférence une dimension constante, perpendiculairement au premier plan moyen, au moins dans la zone de flexion,
- chaque exemplaire de l'éprouvette présente de préférence une transition perpendiculaire au premier plan moyen entre la zone de flexion et chaque
- 10 zone de préhension, respectivement.

Une éprouvette ainsi réalisée en forme de plaque se présente particulièrement bien à des essais de flexion d'amplitude importante et, pour permettre d'accéder à des amplitudes de flexion de l'ordre de 90°, entre les zones de préhension, on prévoit de préférence que les mors de la machine

15 ou du dispositif selon l'invention soient biseautés de façon à s'amincir l'un vers l'autre, si l'on se réfère à la position de repos des mors.

D'autres caractéristiques et avantages des différents aspects de la présente invention ressortiront de la suite de la description, relative à deux exemples non limitatifs de mise en œuvre, ainsi que des dessins annexés

20 qui font partie intégrante de cette description.

Les figures 1 et 2 montrent, en une vue en perspective, un exemple non limitatif de conformation d'une éprouvette se prêtant à la mise en œuvre du procédé selon l'invention, cette éprouvette présentant dans cet exemple non limitatif la forme générale d'une plaque plate, obtenue par

25 exemple par prélèvement dans une tôle plate et préparée selon deux modes différents en vue de son intégration à un dispositif d'essai selon l'invention.

La figure 3 illustre schématiquement, en une vue en élévation latérale, un dispositif de mise en œuvre du procédé selon l'invention, comportant une machine selon l'invention et deux exemplaires mutuellement

identiques d'une éprouvette par exemple conforme à la figure 1 ou à la figure 2, ou encore de toute autre conformation propre à permettre un essai de flexion, le dispositif étant vu dans une position de repos alors que les deux exemplaires de l'éprouvette se trouvent à l'état de repos.

5 La figure 4 montre, en une vue de dessus dans un sens repéré en IV à la figure 3, le même dispositif également en position de repos alors que les deux exemplaires de l'éprouvette se trouvent à l'état de repos.

10 La figure 5 montre, en une vue de dessus similaire à celle de la figure 4, le dispositif alors qu'il a quitté sa position de repos et que les deux exemplaires de l'éprouvette sont fléchis de façon antagoniste.

Les figures 6 à 8 montrent, en des vues schématiques similaires à celles des figures 3 à 5 respectivement, le dispositif dans le cadre d'une variante de réalisation de la machine, la figure 7 montrant une vue de dessus dans un sens repéré en VII à la figure 6.

15 La figure 9 montre, en une vue en élévation latérale similaire à celle de la figure 6, un exemple concret de réalisation du dispositif illustré à la figure 6, en position de repos alors que les deux exemplaires de l'éprouvette se trouvent à l'état de repos.

20 La figure 10 montre, en une vue de dessus, en un sens repéré en X à la figure 9, le positionnement, sur une zone, affaiblie en flexion, de l'un des bras du dispositif, de jauges de déformation de surface faisant office de moyen de mesure des contraintes de flexion subies par ce bras du fait de la résistance des deux exemplaires de l'éprouvette à la flexion.

La figure 11 montre le schéma de connexion du dispositif.

25 La figure 12 montre une vue en perspective du dispositif illustré à la figure 9, en position de repos alors que les éprouvettes sont à l'état de repos.

La figure 13 montre une vue en perspective de l'un des deux ensembles moteurs mutuellement identiques constituant dans ce cas la machine d'essai selon l'invention.

Les figures 14 et 15 montrent, en une vue en perspective, respectivement l'un des bras, mutuellement identiques de cette machine et une variante de réalisation de l'un de ces bras, mutuellement identiques.

Les figures 16 et 17 montrent, en une vue en perspective, les deux mâchoires de l'un des mors, mutuellement identiques, de la machine d'essai selon l'invention, dans une conformation adaptée à la conformation d'éprouvette illustrée à la figure 1 ou à la figure 2, étant entendu qu'à chaque conformation d'éprouvette à essayer en flexion correspond une conformation spécifique des mors, aisément concevable par un Homme du métier en fonction de la conformation de l'éprouvette.

La figure 18 montre une vue en perspective du dispositif ayant quitté l'état de repos, les deux exemplaires de l'éprouvette se trouvant à l'état fléchi de façon antagoniste, par exemple à angle droit.

La figure 19 montre, en une vue en schématique, en élévation, similaire à celle des figures 3 et 6, un autre mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, en position de repos alors que les deux exemplaires de l'éprouvette se trouvent à l'état de repos.

Les figures 20 et 21 montrent une vue de ce dispositif en coupe par des plans repérés en XX-XX et XXI-XXI à la figure 19, montrant les deux exemplaires de l'éprouvette à l'état de repos alors que le dispositif est dans la position de repos.

Les figures 22 et 23 montrent des vues similaires à celles des figures 20 et 21, respectivement, alors que les deux exemplaires de l'éprouvette sont à l'état fléchi, de façon antagoniste, par exemple à angle droit, le dispositif ayant quitté sa position de repos.

La figure 24 montre, en une vue en élévation latérale similaire à celle de la figure 19, un mode de réalisation concret du dispositif selon l'invention dans le cas de cette variante, alors que le dispositif se trouve en position de repos et les deux exemplaires de l'éprouvette à l'état de repos.

5 On se référera en premier lieu à la figure 1, où l'on a illustré une éprouvette 1 à l'état de repos, c'est-à-dire ne subissant aucune contrainte, en particulier de flexion, et comportant une zone de flexion 2, destinée à subir l'essai de flexion alternée, entre deux zones extrêmes de préhension 3, 4, qui ne sont quant à elles soumises à aucune flexion pendant l'essai.

10 La zone de flexion 2 présente un premier plan moyen 5 de symétrie que chevauche chacune des zones 2, 3, 4 et qui constitue également un premier plan moyen de symétrie pour la zone de préhension 4, et une surface moyenne qui est perpendiculaire à ce premier plan moyen 5 et qui, dans cet exemple, est plane et constitue un deuxième plan moyen 6
15 de symétrie pour chacune des zones 2 et 4, ainsi qu'un plan moyen de symétrie pour la zone 3. Dans cet exemple, la zone de flexion 2 présente un troisième plan moyen 7 de symétrie qu'elle chevauche et qui coupe à angle droit les plans moyens 5 et 6, les zones de préhension 3 et 4 étant disposées respectivement de part et d'autre de ce plan moyen 7. Dans cet exemple, la
20 zone de préhension 3 est dissymétrique par rapport au premier plan moyen 5 et n'est pas symétrique de la zone de préhension 4 par rapport au troisième plan moyen 7, mais elle pourrait également présenter une symétrie propre par rapport au premier plan moyen 5 et être symétrique de la zone de préhension 4 par rapport au troisième plan moyen 7, la conformation des
25 zones de préhension 3 et 4 étant à peu près indifférente au regard de l'essai de flexion, qui ne concerne que la zone de flexion 2.

Dans chacune des trois zones 2, 3, 4, l'éprouvette 1 est délimitée par deux faces principales telles que 8 qui, dans cet exemple, sont planes, mutuellement parallèles de même que parallèles au deuxième plan moyen 6

- par rapport auquel elles sont symétriques l'une de l'autre, lesquelles faces principales telles que 8 définissent entre elles une épaisseur e de l'éprouvette, laquelle épaisseur e se mesure perpendiculairement au deuxième plan moyen 6 et présente une valeur constante, en particulier dans
- 5 la zone de flexion 2. Les deux faces principales telles que 8 sont raccordées mutuellement par un chant 9 perpendiculaire au deuxième plan moyen 6, lequel chant 9 définit pour chacune des zones 2, 3, 4, dans ce deuxième plan moyen 6 de même que dans tout plan de coupe parallèle à celui-ci, une forme rectangulaire, allongée perpendiculairement au premier plan moyen 5.
- 10 La zone de flexion 2 présente perpendiculairement à celui-ci une longueur L_1 inférieure à la longueur L_2 que la zone de préhension 4 présente perpendiculairement à ce plan moyen 5, laquelle est elle-même inférieure à la longueur L_3 que la zone de préhension 3 présente perpendiculairement à ce plan, si bien que l'éprouvette 1 présente une transition marquée entre
- 15 chaque zone de préhension 3, 4 et la zone de flexion 2, cette transition étant matérialisée par des zones respectives 107 du chant 9, perpendiculaires au premier plan moyen 5, délimitant les zones de préhension 3 et 4 vers le troisième plan moyen 7 et tournées vers celui-ci, respectivement de part et d'autre de la zone de flexion 2 et du premier plan moyen 5.
- 20 Suivant des axes respectifs 10, 11 perpendiculaires au deuxième plan moyen 6 et mutuellement symétriques par rapport au troisième plan moyen 7, les deux zones de préhension 3, 4 sont percées de part en part, c'est-à-dire de l'une à l'autre de leurs faces principales telles que 8, à l'intérieur du chant 9, de trous respectifs 12, 13 mutuellement identiques,
- 25 cylindriques de révolution autour de l'axe respectif. Les intersections 14, 15 des axes 10, 11 avec le deuxième plan moyen 6 sont régulièrement répartis selon un alignement respectif, non illustré, perpendiculaire au premier plan moyen 5, par rapport auquel leur répartition est également symétrique ; en d'autres termes, le nombre des trous 12 étant impair comme celui des trous

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

13 dans l'exemple non limitatif illustré, dans lequel ce nombre est de 7, l'un des axes 10 et l'un des axes 11 sont disposés dans le premier plan moyen 5, et les autres axes 10, 11 sont respectivement mutuellement symétriques par rapport à ce premier plan moyen 5.

5 L'éprouvette 1 ainsi conformée peut être découpée par tout moyen approprié, entraînant le moins possible de contraintes internes, d'une part, et de risques de changement de comportement en flexion par exemple par changement de structure cristallographique, d'autre part, dans la tôle à essayer ; à cet effet, on peut certes utiliser pour découper l'éprouvette 1 et y
10 aménager les trous 12 et 13 des techniques mettant en œuvre un contact d'un outil avec la tôle, comme l'estampage, mais on préfère utiliser des techniques n'impliquant aucun contact d'un outil avec la tôle, comme l'électro-érosion ou la découpe au laser ou au jet d'eau.

Pour simplifier la réalisation d'une éprouvette 1 par électro-érosion, en ce qui concerne l'aménagement des trous 12 et 13, on peut
15 conformer l'éprouvette de la façon illustrée à la figure 2, c'est-à-dire en raccordant chacun des trous 12 et 13, dans la zone de préhension 3, 4 respectivement correspondante, au chant 9 de l'éprouvette 1 par une fente respective 16, 17 qui, en partant du trou respectif 12, 13, s'éloigne du plan
20 moyen 7 perpendiculairement à celle-ci pour déboucher dans une zone du chant 9 parallèle à ce plan moyen 7 et délimitant respectivement la zone de préhension 3 ou la zone de préhension 4 dans le sens d'un éloignement par rapport à ce plan. Chacune des fentes 16 et 17 débouche par ailleurs dans l'une et l'autre des faces principales telles que 8 si bien que le chant 9, les
25 fentes 16 et 17 et les trous 12 et 13 peuvent être aménagés en une seule passe continue, selon un contour fermé, de l'électrode d'électro-érosion. L'éprouvette 1 reste par ailleurs identique à celle qui a été décrite en référence à la figure 1 et, en particulier, sa zone de flexion 2 n'est en aucune

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

25

façon affectée par la présence des fentes 16 et 17, notamment dans son comportement en flexion entre les zones de préhension 3 et 4.

De façon caractéristique de la présente invention, deux exemplaires identiques de l'éprouvette 1, ou d'une éprouvette conformée
5 différemment, sont soumis simultanément à l'essai de flexion alternée, en étant soumis à des flexions alternées à chaque instant mutuellement antagonistes dans un dispositif présentant aussi peu de liens mécaniques que possible avec un bâti support de telle sorte que chaque exemplaire de l'éprouvette fléchisse, dans sa zone de flexion 2, dans des conditions aussi
10 proches que possible de celles d'une flexion pure. Par identité des deux exemplaires de l'éprouvette, on entend ici une identité du comportement que l'on peut en attendre en termes de flexion de leur zone de flexion 2, et en particulier d'évolution de la zone de flexion 2 en fatigue à la flexion, cette identité résultant en général d'une identité géométrique.

15 A cet effet, on utilise un dispositif d'essai dont un premier mode de réalisation est illustré dans une première variante 18 aux figures 3 à 5 et dans une deuxième variante 19 aux figures 6 à 18, et dont un autre mode de réalisation 20 est illustré aux figures 19 à 24.

On se référera en premier lieu aux figures 3 à 5 qui montrent un
20 dispositif 18 selon l'invention comportant deux ensembles moteurs 21 mutuellement identiques, structurellement et fonctionnellement, disposés tête bêche, symétriquement l'un de l'autre par rapport à un point ou centre de symétrie 22 et raccordés mécaniquement entre eux par les deux exemplaires de l'éprouvette 1 eux-mêmes disposés symétriquement l'un de
25 l'autre par rapport au point 22. Afin de se rapprocher dans toute la mesure du possible d'une situation idéale dans laquelle les deux exemplaires de l'éprouvette 1 constitueraient la seule liaison mécanique entre les deux ensembles moteurs 21, ceux-ci sont suspendus à un bâti support 23, disposé à un niveau aussi supérieur que possible, par des liens 29 aussi longs et

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

26

aussi souples que possible de façon à assurer la reprise du poids des ensembles moteurs 21 en induisant le moins possible d'effort dans les deux exemplaires de l'éprouvette 1 qui assurent seuls la liaison mécanique entre ces deux ensembles moteurs 21.

5 Plus précisément, chaque ensemble moteur 21, avantageusement constitué par un moteur électrique pas à pas, comporte un stator 24 à l'intérieur duquel un rotor 25 est guidé en rotation autour d'un axe 26, sans autre possibilité de déplacement relatif. Selon cet axe 26, chaque ensemble

10 moteur 21 présente deux arbres de sorties 27, 28 mutuellement opposés dont le premier est solidaire du stator 24 et le deuxième du rotor 25 et peuvent ainsi tourner coaxialement l'un par rapport à l'autre, dans un sens ou dans l'autre, en fonction de l'alimentation de l'ensemble moteur 21 en

15 électricité. Compte tenu de la symétrie précitée des ensembles moteurs 21 par rapport au point 22, les axes 26, orientés verticalement, sont disposés respectivement de part et d'autre de ce point 22 et les arbres 27 et 28 de

20 l'un des ensembles moteurs 21, à savoir celui qui se trouve à droite aux figures 3 à 5, sont tournés respectivement vers le haut et vers le bas, alors que les arbres 27 et 28 de l'autre ensemble moteur 21, à savoir celui qui est situé à gauche aux figures 3 à 5, sont tournés respectivement vers le bas et

25 vers le haut. Celui des arbres 27 et 28 des ensembles moteurs 21 qui est tourné vers le haut, à savoir l'arbre 27 en ce qui concerne l'ensemble moteur 21 de droite ou l'arbre 28 en ce qui concerne l'ensemble moteur 21 de gauche, porte à son extrémité supérieure un moyen tel qu'un anneau de liaison solidaire avec une extrémité inférieure du lien souple 29

respectivement correspondant, dont l'extrémité supérieure est fixée solidairement au bâti support 23, par exemple par suspension à un crochet de celui-ci, dans des conditions telles que les deux liens souples 29 soient au moins approximativement verticaux et disposés au moins approximativement suivant l'axe 26 respectivement correspondant, dans une position de repos

du dispositif 18, illustrée aux figures 3 et 4 et correspondant à un état de repos des deux exemplaires de l'éprouvette 1.

A l'opposé de son raccordement respectivement avec le stator 24 ou le rotor 25, chacun des arbres 27, 28 porte solidairement un bras respectif 30, 31, lequel est rectiligne, radial par rapport à l'axe 26 correspondant et respecte la symétrie mutuelle des deux ensembles moteurs 21 par rapport au point 22, en ce sens les deux bras 30 correspondant aux arbres 27 sont identiques et mutuellement symétriques par rapport au point 22, de même que les deux bras 31 correspondant aux arbres 28, les bras 30 et 31 étant avantageusement mutuellement identiques.

Dans le sens d'un éloignement par rapport à l'arbre 27, 28 et à l'arbre 26 respectif, chacun des bras 30, 31 porte solidairement un mors respectif 32, 33, les mors 32 et 33 étant eux-mêmes identiques et respectant la symétrie mutuelle précitée par rapport au point 22.

Dans la position de repos les ensembles moteurs 21, illustrée aux figures 3 et 4, les mors 32 et 33 se font face par paire, les mors 32, 33 d'une même paire retenant solidairement l'une, respective, des zones de préhension 3, 4 d'un exemplaire respectif de l'éprouvette 1 de telle sorte que seule la zone de flexion 2 soit libre entre eux, et susceptible de fléchir entre eux. De préférence, chacun des mors 32 et 33 peut recevoir solidairement, indifféremment, l'une ou l'autre des zones de préhension 3, 4 d'une éprouvette 1.

Ainsi, les deux mors 32 et 33 correspondant aux bras 30 et 31 correspondant eux-mêmes aux arbres 27 et 28 tournés vers le haut reçoivent solidairement l'une, respective, des zones de préhension 3 et 4 d'un même exemplaire de l'éprouvette 1. alors que les mors 32 et 33 correspondant aux bras 30 et 31 correspondant eux-mêmes aux arbres 27 et 28 tournés vers le bas portent solidairement l'une, respective, des zones de préhension 3 et 4 de l'autre exemplaire de l'éprouvette 1.

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

Les deux ensembles moteurs 21 sont conçus de telle sorte que, dans une position de repos correspondant à l'état de repos des éprouvettes 1 :

- 5 - les plans moyens 6 de symétrie de ces dernières coïncident et incluent à la fois les deux axes 26 et le point ou centre de symétrie 22,
- les plans moyens 7 de symétrie coïncident, incluent le point ou centre de symétrie 22 et constituent un plan moyen de symétrie entre les axes 26, disposés respectivement de part et d'autre des plans 7 ainsi confondus et parallèlement à ces derniers, et
- 10 - les plans moyens 5 de symétrie soient mutuellement parallèles, perpendiculaires aux deux axes, disposés respectivement au-dessus et en dessous du point 22 et mutuellement symétriques par rapport à celui-ci.

Cette position et cet état de repos sont illustrés aux figures 3 et 4.

- A partir de la position de repos des ensembles moteurs 21, on
- 15 peut, par une commande appropriée de ce dernier, provoquer une rotation de leur rotor 25 par rapport à leur stator 24, selon une amplitude identique et dans les sens identiques de telle sorte que les deux mors 32 et 33 liés aux arbres 27 et 28 tournés vers le haut se décalent dans un même sens par rapport aux mors 32 et 33 correspondant aux arbres 27 et 28 tournés vers le
 - 20 bas, comme le montre la figure 5, en faisant ainsi fléchir de façon antagoniste les zones de flexion des deux exemplaires de l'éprouvette 1, dont l'identité précitée fait en sorte que le dispositif 18 dans son ensemble, c'est-à-dire aussi bien en ce qui concerne les deux ensembles moteurs 21 que les deux exemplaires de l'éprouvette 1, conserve une symétrie par
 - 25 rapport au point 22.

Ensuite, une rotation commandée, de même sens opposé au sens précédent, des arbres 28 des deux ensembles moteurs 21 par rapport aux arbres moteurs 27 ramène ces deux ensembles 21 à la position de repos et les deux exemplaires de l'éprouvette 1 à l'état de repos puis, se poursuivant

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

29

ensuite avec une amplitude identique à l'amplitude précédente, provoque une flexion de chacun des exemplaires de l'éprouvette 1 en sens opposé au sens précédent, la poursuite des rotations alternées commandées des arbres de sortie 28 des deux ensembles moteurs 21 par rapport à l'arbre de sortie 27 provoquant la flexion alternée des deux exemplaires de l'éprouvette 1 dans des conditions sensiblement identiques, préservant la symétrie par rapport au point 22 avec une bonne approximation.

Naturellement, les flexions alternées des deux exemplaires de l'éprouvette 1, accompagnant les rotations relatives alternées des deux bras 30 et 31 de chaque ensemble moteur 21, s'accompagnent de mouvements alternés de rapprochement et d'éloignement mutuels des deux axes 26, qui restent parallèles du fait de la préservation de la symétrie par rapport au point 22, ce qui provoque des oscillations des deux liens souples 29 autour de leur extrémité supérieure solidaire du bâti supérieur 23 ; cependant, plus la longueur des liens souples 29 est grande, moins ces oscillations présentent d'amplitude et moins les mouvements relatifs des deux axes 26, c'est-à-dire des deux ensembles moteurs 21, induisent d'effort parasite dans les zones de flexion 2 des deux exemplaires de l'éprouvette 1. On peut considérer avec une bonne approximation que les axes 26, ou encore les ensembles moteurs 21, sont totalement libres de se déplacer l'un par rapport à l'autre.

Conformément à la présente invention, au fur et à mesure des flexions alternées, antagonistes, des deux exemplaires de l'éprouvette 1 sous l'action des ensembles moteurs 21 convenablement commandés, on mesure la résistance, sensiblement identique, de chacune des zones de flexion 2 aux fins d'étudier l'évolution de cette résistance en mesurant la résistance opposée par l'une au moins des zones de préhension 3, 4 de l'un, au moins, des exemplaires de l'éprouvette 1, c'est-à-dire de l'un, au moins, des mors 32 et 33, à l'encontre de la rotation alternée autour de l'axe 26 correspondant. A cet effet, de préférence, on mesure les contraintes de

flexion subies par l'un, au moins, des bras 30 et 31 dans des conditions rigoureusement identiques à celles qui vont être décrites à propos du dispositif selon l'invention 19 illustré aux figures 6 à 18, auquel on se référera à présent.

5 Si l'on se réfère en premier lieu aux figures 6 à 8, on constate que ce dispositif 19 met en œuvre les mêmes moyens que le dispositif 18 si ce n'est qu'au lieu d'être disposés tête-bêche, rigoureusement symétriquement l'un de l'autre par rapport au point 22, les deux ensembles moteurs 21 sont
10 tournés identiquement et que les deux arbres 28 sont tournés identiquement, les axes 26 restant cependant verticaux, disposés respectivement de part et d'autre du point 22 et mutuellement symétriquement par rapport à celui-ci.

Plus précisément, dans l'exemple illustré, les deux arbres 27 sont
15 tournés vers le bas et les deux mors 32, dont chacun est relié à l'un respectif de ces arbres 27 par un bras 30 respectif, sont tournés l'un vers l'autre dans la position de repos et portent solidairement l'une, respective, des zones de préhension 3, 4 d'un exemplaire de l'éprouvette 1 dans des conditions telles que seule la zone de flexion 2 de celle-ci soit libre de fléchir entre eux, alors
20 que les arbres 28 sont tournés vers le haut et que les mors 33 respectivement raccordés à ces arbres 28 par un bras 31 respectif se font face dans la position de repos et portent solidairement l'une, respective, des zones de préhension 3 et 4 de l'autre exemplaire de l'éprouvette 1 à l'état de repos dans des conditions telles que seule sa zone de flexion 2 soit libre de
25 fléchir entre eux. Dans ce cas, ce sont les arbres 28 qui sont fixés, par leur extrémité opposée au rotor respectif 25, à un lien souple 29 de suspension au bâti support 23.

WÔ 2004/017047

PCT/FR2003/002515

Il est bien étendu que ce pourraient également être les arbres 27 qui soient tournés vers le haut et servent à la suspension de l'ensemble moteur 21 correspondant au bâti support 23.

Même si les stators 24 et les rotors 25 des deux ensembles moteurs 21 ne respectent pas, structurellement, la symétrie qu'ils présentent par rapport au point 22 dans le cas du dispositif 18, chacun des bras 31 est respectivement symétrique de l'un des bras 30 par rapport au point 22, de même que les deux exemplaires de l'éprouvette 1 sont mutuellement symétriques par rapport à ce point 22, en particulier si l'on se réfère à la position de repos et à l'état de repos, dans le cas du dispositif 19 si bien que celui-ci est fonctionnellement symétrique par rapport au point 22 et fonctionnellement équivalent au dispositif 18, c'est-à-dire est tout autant propre à provoquer des flexions antagonistes alternées des deux exemplaires de l'éprouvette 1.

Toutefois, à cet effet, il est nécessaire de décaler les deux bras 31 angulairement, autour de l'axe 26, dans un même sens alterné par rapport au bras 30, à partir de la position de repos, c'est-à-dire de faire tourner les arbres 28 dans des sens mutuellement opposés par rapport à l'arbre 27 respectivement correspondant, comme le montre la figure 8. La symétrie mutuelle fonctionnelle des deux ensembles moteurs 21, par rapport au point 22, et la symétrie mutuelle des deux exemplaires de l'éprouvette 1 par rapport à ce point 22 sont conservées dans les mêmes conditions que dans le cas du dispositif 18, comme le comprendra aisément un Homme du métier.

Les figures 9, 12, 18 illustrent un mode de réalisation pratique du dispositif 19, dont la figure 13 illustre la réalisation pratique de l'un des ensembles moteurs 21.

On y retrouve, sous les mêmes références numériques, les différents composants décrits en référence aux figures 6 à 8 ou, par

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

analogie, aux figures 3 à 5, et l'on va à présent en décrire certains détails d'exécution pratique, en se référant par simplicité, sauf mention contraire, à la position de repos du dispositif 19, telle qu'elle ressort des figures 9 et 12 en particulier.

5 Si l'on se réfère en outre à la figure 14, qui montre un bras 31, étant entendu que les bras 30 et 31 sont identiques dans l'exemple préféré illustré, on voit qu'un tel bras présente deux plans moyens de symétrie 34 et 35 dont le premier inclut l'axe 26 correspondant et dont le deuxième est perpendiculaire à cet axe. Ces deux plans moyens de symétrie 34 et 35
10 coïncident respectivement avec les plans moyens 6 et 5 de symétrie de l'exemplaire correspondant de l'éprouvette 1 lorsque le dispositif 19 se trouve dans la position de repos et les deux exemplaires de l'éprouvette 1 à l'état de repos.

 Le bras 31 présente une fibre moyenne 36 rectiligne, définie par
15 l'intersection des plans 34 et 35 et coupant perpendiculairement l'axe 26 correspondant, et présente une forme allongée suivant une direction définie par cette fibre moyenne 36, perpendiculairement à laquelle le bras 31 présente une section courante carrée constante, définie par deux faces planes, rectangulaires 37, parallèles au plan 35 et mutuellement symétriques
20 par rapport à celui-ci, et par deux faces planes également rectangulaires 38, parallèles au plan 34 et mutuellement symétriques par rapport à celui-ci.

 En référence à une direction définie par sa fibre moyenne 36, le bras 31 présente deux zones extrêmes 39, 40 mutuellement opposées, dont la première est conformée de façon à assurer sa solidarisation avec l'arbre 28
25 de l'ensemble moteur 21 correspondant et dont l'autre est libre et porte solidairement le mors 33 correspondant.

 En vue de la solidarisation du bras 31 avec l'arbre 28, la zone extrême 39 présente suivant le plan 34 une fente 41 qui débouche dans une face extrême 42 du bras 31, laquelle est perpendiculaire à la fibre moyenne

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

33

36, ainsi que dans des zones des faces 37 directement adjacentes à cette face 42, et cette fente 41 présente localement, en 43, une conformation complémentaire de celle de l'arbre 28 correspondant de façon à s'emboîter sans jeu autour de celui-ci, dans la position requise des plans 34 et 35 par rapport à l'axe 26. Perpendiculairement au plan 34 sont aménagés, entre la conformation 43 de la fente 41 et la face extrême 42, des logements 44 de réception de vis de serrage qui, en tendant refermer la fente 41, établissent entre le bras 31 et l'arbre 28 un contact intime de compression mutuelle, assurant la solidarisation mutuelle recherchée.

L'autre zone extrême 40 du bras 31, ou extrémité libre de ce bras, est conformée en une bride 45 de réception solidaire mais amovible du mors 33 correspondant, ainsi interchangeable en vue de s'adapter à des éprouvettes 1 de conformation différente

Le mode de solidarisation de chaque bras 30 avec l'arbre 27 correspondant et de réception solidaire mais amovible du mors 32 correspondant est identique à ce qui vient d'être décrit.

En relation avec la conformation de l'éprouvette décrite en référence aux figures 1 et 2, chaque mors 33, auquel chaque mors 32 est identique, est conçu de façon à définir une fente 46 de réception solidaire mais amovible de l'une des zones de préhension 3, 4 de l'exemplaire correspondant de l'éprouvette 1, par serrage entre deux mâchoires 47 et 48 dont la première est fixée de façon solidaire mais amovible au bras 31 par l'intermédiaire de la bride 45 et dont l'autre est fixée de façon solidaire mais amovible sur la première. De même, chaque mors 32 est formé d'une mâchoire 49 fixée de façon solidaire mais amovible à une zone d'extrémité libre, en forme de bride, du bras 30 correspondant, et une mâchoire 50 fixée de façon solidaire mais amovible sur la mâchoire 49, les mâchoires 49 et 50 définissant entre elles une fente 51 de réception solidaire mais amovible, par serrage entre elles, de l'une des zones de préhension 3 et 4 de l'exemplaire

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

34

correspondant de l'éprouvette 1. Les quatre mors 32 et 33 étant mutuellement identiques, on décrira un seul de ces mors, à savoir un mors 33, en se référant également aux figures 16 et 17 qui en montrent les deux mâchoires 47 et 48.

- 5 En relation avec la conformation de l'éprouvette 1 décrite en référence aux figures 1 et 2, la fente 46 du mors 43 est définie par deux faces planes 52, 53 de serrage, dont la première est définie par le mors 47 et la deuxième par le mors 48 et qui sont disposées respectivement de part et d'autre du plan 34, parallèles à celui-ci et mutuellement symétriques par rapport à celui-ci, alors qu'elles sont par ailleurs respectivement symétriques par rapport au plan 35, comme c'est le cas de chacune des mâchoires 47 et 48 considérée dans son ensemble.

Chacune des mâchoires 47 et 48 est réalisée en une seule pièce respective rigide, par exemple en acier.

- 15 La mâchoire 47 présente deux parties 54 et 55 dont la première constitue un talon de montage solidaire mais amovible sur la bride 45 extrême du bras 31, par exemple par boulonnage et, de préférence, par emboîtement localisé, les conformations respectives de la partie 54 et de la bride 45 à cet effet relevant des aptitudes normales d'un Homme du métier.

- 20 A l'opposé de la bride 45 et de l'ensemble du bras 31 suivant une direction définie par la fibre moyenne 36 de celui-ci, la partie 54 présente une face plane 56 perpendiculaire à la fibre moyenne 36 et symétrique par rapport aux deux plans 34 et 35, qu'elle chevauche l'un et l'autre en présentant perpendiculairement au plan 34 une dimension égale à L_2 . De façon générale, la mâchoire 47, de même que la mâchoire 48 est symétrique par rapport au plan 34 et présente perpendiculairement à celui-ci la dimension L_2 .

Perpendiculairement au plan 35, la face 56 présente une dimension E supérieure à e et répartie dissymétriquement par rapport au

W0 2004/017047

PCT/FR2003/002515

35

plan 35, de part et d'autre de celui-ci, à savoir pour une valeur égale à la moitié de e d'un côté de ce plan 35, situé en-dessous de ce plan 35 à la figure 16, et pour le reste de l'autre côté de ce plan 35, situé au-dessus de ce plan 35 à la figure 16.

- 5 Du premier des côtés précités du plan 35, c'est-à-dire à une distance de celui-ci égale à la moitié de e , la face 56 se raccorde à la face 52 qui, parallèle au plan 35, est ainsi espacée de celui-ci d'une distance égale à la moitié de e et s'étend en saillie à l'opposé du bras 31 correspondant, suivant la direction définie par la fibre moyenne ou intersection 36 entre les
- 10 deux plans 34 et 35 de celui-ci, par rapport à la partie de talon 54, en délimitant la partie 55 vers le plan 35.

- La face 52 est plane, rectangulaire, ses dimensions en plan étant sensiblement identiques à celles de la partie de l'une des faces principales 8 de l'éprouvette 1 correspondant à la zone de préhension 4. En d'autres
- 15 termes, elle présente la dimension L_2 perpendiculairement au plan 34, alors qu'elle présente suivant la direction définie par la fibre moyenne ou intersection 36 entre les plans 34 et 35 une dimension l_1 identique à la dimension, également identifiée par l_1 , que la zone de préhension 4 ou la zone de préhension 3 présente perpendiculairement au plan 7. Ainsi,
- 20 indifféremment, la zone de préhension 4 de l'éprouvette 1 ou une partie 57 de la zone de préhension 3 de cette éprouvette 1, laquelle partie 57 constitue l'image spéculaire de la zone de préhension 4 par rapport au plan moyen 7 de symétrie de l'éprouvette 1 et se répartit symétriquement de part et d'autre du plan moyen 5 de symétrie de celle-ci, peut s'appliquer
- 25 intégralement, à plat, par l'une des faces principales 8 de l'éprouvette 1, sur la face 52 alors que l'éprouvette s'applique par ailleurs à plat, par une zone de son chant 9 opposée à l'autre zone de préhension, respectivement 3 ou 4, contre la face 56 de la mâchoire 47 dont cette autre zone de préhension ainsi que la zone de flexion 2 restent dégagées. Si la zone de préhension

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

ainsi appliquée par l'une des faces principales 8 sur la face 52 est la zone de préhension 3, présentant une longueur L_3 supérieure à la longueur L_2 , la partie 58 autre que la partie 57 forme saillie hors de la mâchoire 47 suivant une direction perpendiculairement au plan 34, par rapport à l'une de deux

5 faces planes 59, parallèles au plan 34, mutuellement symétriques par rapport à celui-ci et mutuellement espacées de ladite longueur L_2 , lesquelles faces 59 délimitent les deux parties 54 et 55 de la mâchoire 47, ainsi que l'ensemble de leurs autres faces, dans le sens d'un éloignement par rapport au plan 34.

Dans le sens d'un éloignement par rapport à la face 56 suivant la

10 direction définie par la fibre moyenne ou intersection 36 entre les deux plans 34 et 35, la face 52 de la mâchoire 47 se raccorde, par une arête rectiligne abattue 60, perpendiculaire au plan 34 et symétrique par rapport à celui-ci, à une face 61 de la partie 55 de la mâchoire 47, laquelle face 61 est plane, perpendiculaire au plan 34 et symétrique par rapport à celui-ci, et présente

15 une inclinaison, par exemple de l'ordre de 45° , par rapport au plan 35 et à la face 52 de façon à former un biseau avec cette dernière. En d'autres termes, la partie 55 de la mâchoire 47 s'affine progressivement, entre les faces 52 et 61, vers l'arête 60.

Dans le sens d'un éloignement par rapport à cette arête 60, qui

20 est également le sens d'un éloignement par rapport à la face 52 et au plan 35, la face 61 se raccorde par une arête rectiligne non référencée, perpendiculaire au plan 34, à une face 62 parallèle au plan 35, commune aux deux parties 54 et 55 de la mâchoire 47 et délimitant celle-ci dans le sens d'un éloignement par rapport au plan 35.

25 La mâchoire 48, plus particulièrement illustrée à la figure 17 et schématisée à la figure 16, en trait mixte, dans la position qu'elle occupe par rapport à la mâchoire 47 lorsque les deux mâchoires 47 et 48 retiennent entre elles, de façon solidaire, une zone de préhension 3 ou 4 d'une éprouvette 1, présente une conformation telle qu'elle corresponde alors, au

moins approximativement, à une image spéculaire de la partie 55 de la mâchoire 47 par rapport au plan 35.

Dans le sens d'un éloignement par rapport au plan 34, la mâchoire 48 est délimitée par deux faces planes 63 parallèles au plan 34 et mutuellement symétriques par rapport à ce plan, lesquelles faces 63 sont mutuellement espacées de la distance L_2 perpendiculairement à ce plan et délimitent, dans le sens d'un éloignement par rapport à celui-ci, l'ensemble des autres faces de la mâchoire 48 qui vont être décrites à présent, y compris sa face 53 qui définit la fente 46 avec la face 52 de la mâchoire 47.

La face 53 présente des dimensions identiques à celles de la face 52, en regard de laquelle elle est placée suivant une direction perpendiculaire au plan 35, et se raccorde par une arête rectiligne abattue 64, perpendiculaire au plan 34 et symétrique de l'arête abattue 60 par rapport au plan 35 lorsque les mors retiennent entre eux la zone de préhension 3 ou 4 d'une éprouvette 1, à une face plane 65 perpendiculaire au plan 34 et qui, alors symétrique de la face 61 par rapport au plan 35, définit un biseau avec la face 53. Dans le sens d'un éloignement par rapport à l'arête 64 et à la face 53, ainsi que par rapport au plan 35, cette face 65 se raccorde par une arête rectiligne, perpendiculaire au plan 34, à une face plane 66 perpendiculaire au plan 34 et qui occupe une position symétrique de celle de la face 62 par rapport au plan 35 de façon à délimiter la mâchoire 48 dans le sens d'un éloignement par rapport à ce plan 35. Dans le sens d'un éloignement par rapport à son raccordement avec la face 65, suivant une direction définie par la fibre moyenne ou intersection 36 entre les plans 34 et 35, la face 66 présente toutefois une dimension inférieure à celle de la face 62 et se raccorde par une arête rectiligne, perpendiculaire au plan 34, à une face plane 67 perpendiculaire aux deux plans 34 et 35 et se raccordant à la face 53, par une arête rectiligne perpendiculaire au plan 34, dans le sens d'un rapprochement par rapport au plan 35. Par cette face 67, à savoir plus

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

38

précisément par une zone de cette face 67 directement adjacente à son raccordement avec la face 53, le mors 67 s'applique à plat contre la face 56 de la mâchoire 47 dans des conditions propres à permettre un coulisement relatif, suivant une direction perpendiculaire au plan 35, lorsque l'on enserre
5 l'une des zones de préhension 3 et 4 d'une éprouvette 1 entre les faces 52 et 53 des mâchoires 47 et 48. La face 67 n'est par ailleurs pas en contact avec la mâchoire 47, dont la face 56 se raccorde par un décrochement 68 à une face 69 rectangulaire, perpendiculaire au plan 34 et 35 et ainsi placée en retrait par rapport à la face 56, laquelle face 69 délimite la partie 54 de la
10 mâchoire 47 à l'opposé de la bride extrême 45 du bras 31 suivant une direction définie par l'intersection 36 entre les plans 34 et 35 à l'opposé de la partie 55 de la mâchoire 47 par rapport au plan 35. Dans le sens d'un éloignement par rapport à celui-ci, la face 69 se raccorde à une face rectangulaire, plane 70 qui délimite la partie 54 dans le sens d'un
15 éloignement par rapport au plan 35 à l'opposé de la face 62, dans une position symétrique de celle de cette dernière par rapport au plan 35 si bien que la face 70 prolonge coplanairement la face 66 de la mâchoire 47 lorsque celui-ci enserre une zone de préhension 3 ou 4 d'une éprouvette 1 avec la mâchoire 47.

20 Pour autoriser un tel enserrement, la partie 55 de la mâchoire 47 et la mâchoire 48 sont percées de part en part, suivant des axes respectifs 71 et 72 perpendiculaires au plan 35, répartis respectivement par rapport à la face 52 et par rapport à la face 53 comme le sont les axes 10 et 11 par rapport aux faces principales 8 de l'éprouvette 1, respectivement sur la zone
25 57 de la zone de préhension 3 ou sur la zone de préhension 4, des trous 73, 74 qui, ainsi, sont placés coaxialement lorsque les deux mâchoires 47 et 48 sont disposées de façon à enserrer l'une des zones de préhension 3, 4 d'une éprouvette 1, et sont en outre alors placés coaxialement soit avec les trous 12 de la zone de préhension 3, soit avec les trous 13 de la zone de

préhension 4 pour recevoir coaxialement, de façon non représentée, des boulons de serrage mutuel des deux mâchoires 47 et 48 perpendiculairement au plan 35, par l'intermédiaire de la zone de préhension 3 ou de la zone de préhension 4 qui, ainsi enserrée entre les faces 52 et 53 des deux mâchoires 47 et 48, se comporte comme un tout solidaire avec ces dernières.

Lorsque chaque exemplaire de l'éprouvette 1 est ainsi enserré par ses deux zones de préhension 3 et 4 respectivement entre les deux mâchoires 47 et 48 des deux mors 33 ou entre les deux mâchoires 49 et 50 des deux mors 32, seule sa zone de flexion 2 reste libre, en particulier de fléchir, entre les deux mors respectifs 33 ou 32, lors des rotations alternées des bras 31 ou 30 autour des axes 26 à partir d'une position de repos qui correspond à l'état de repos des deux exemplaires de l'éprouvette 1, et d'opposer une résistance à cette flexion alternée, autour de l'état de repos.

Si l'on considère la position de repos du dispositif 19 et l'état de repos, correspondant, des deux exemplaires de l'éprouvette 1 et si l'on se réfère aux modes de réalisation décrits respectivement en référence aux figures 6 à 18 et en référence aux figures 1 et 2, les mors 33 sont placés face à face, de même que les mors 32, par le biseau de leurs mâchoires 47, 48, 49, 50 et par leurs fentes 46, 51, dans une position de relative dans laquelle les plans moyens 35 des bras 31 et des mors 33 coïncident avec le plan moyen 5 de l'exemplaire correspondant de l'éprouvette 1, de même que leurs plans moyens 34 avec le plan moyen 6 de cet exemplaire, dans laquelle les bras 31 et leurs mors 33, respectivement, sont mutuellement symétriques par rapport à un plan 108 perpendiculaire aux plans 34 et 35 et confondu avec le plan moyen 7 de cet exemplaire et dans laquelle des relations identiques existent entre les bras 30, leurs mors 32 et l'exemplaire correspondant de l'éprouvette 1. En outre, alors, les plans moyens 5 des deux exemplaires de l'éprouvette 1 sont parallèles entre eux, mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie 22 de part et d'autre

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

duquel ils sont placés, et les plans moyens 3 des deux exemplaires de l'éprouvette 1 coïncident et passent par le point ou centre de symétrie 22, de même que leurs plans moyens 7.

5 Pour mesurer la résistance des zones de flexion 2 des deux exemplaires de l'éprouvette 1 à l'encontre de la flexion alternée au fur et à mesure de l'essai, selon le mode de mise en œuvre préféré de l'invention qui a été illustré, on effectue sur l'un, au moins, des bras 30 et 31, à savoir en pratique sur un seul de ces bras, par exemple un bras 31, d'une façon qui a été validée par les essais, une mesure du moment résistant à la rotation de
10 ce bras autour de l'axe 26 correspondant par une mesure des contraintes de flexion auxquelles ce bras 31 est soumis suivant le plan 35 ou des plans parallèles à ce plan 35.

Afin de mieux mettre en évidence ces contraintes de flexion, le bras 31 en question, de même que l'autre bras 31 et les deux bras 30 par
15 raison de symétrie par rapport au point ou centre de symétrie 22, présentent au moins une zone, respectivement 75, 76, affaiblie en flexion suivant le plan 35 et des plans parallèles à celui-ci, c'est-à-dire suivant une direction circonférentielle en référence à l'axe 26 correspondant, sans constituer d'affaiblissement en flexion suivant d'autres directions. Il est bien entendu,
20 toutefois, que les bras 30 et 31 sont intrinsèquement rigides, par exemple réalisés en aluminium, en ce sens qu'ils ne doivent pas fléchir au cours de l'essai, la flexion devant rester limitée aux zones de flexion 2 des deux exemplaires de l'éprouvette 1.

Dans l'exemple illustré aux figures 9, 12 à 14 et 18, le bras 31
25 présente ainsi deux zones 75 affaiblies en flexion, lesquelles sont identiques et réparties identiquement, suivant une direction définie par la fibre moyenne ou intersection 36 entre les deux plans 34 et 35, pour les deux bras 31, de même que les zones 76 sont réparties sur les bras 30 de façon identique, d'un bras 30 à l'autre et d'un bras 30 à un bras 31, suivant la direction de la

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

41

5 fibre moyenne de ces bras. Cependant, comme le montrent les figures 10 et 15, chaque bras 30, 31 peut également présenter une seule de ces zones 75, 76 affaiblies en flexion, disposée identiquement suivant la fibre moyenne du bras, aussi bien en ce qui concerne les zones 75 des bras 31 que les zones 76 des bras 30.

10 Naturellement, sur chacun des bras 30 et 31, la ou chaque zone 76, 75 affaiblie en flexion est disposée entre la zone extrême telle que 39 de liaison solidaire avec l'arbre tel que 28 correspondant et la zone extrême telle que 40 formant une bride telle que 45 de liaison solidaire avec l'une des mâchoires, respectivement 49, 47, d'un mors respectif 32, 33.

Seule une zone 75 va être décrite à présent, étant entendu que les zones 75 sont mutuellement identiques de même que les zones 76 leur sont identiques.

15 On se référera, à cet égard, à la figure 14 qui montre que, dans la ou chaque zone 75, le bras 31 est creusé dans ses faces 38 de deux encoches 77 dont chacune est définie par une face 78 concave, hémicylindrique de révolution autour d'un axe 79 perpendiculaire au plan 35 et situé dans le plan géométrique non illustré de la face 38 respective, à laquelle la face 78 se raccorde respectivement vers l'une et l'autre des zones 20 extrêmes 39 et 40 du bras 31, de même qu'elle se raccorde à chacune des faces 37 de celui-ci dans le sens d'un éloignement par rapport au plan 35, respectivement de part et d'autre de celui-ci.

25 Les axes 79 des deux encoches 77 constituant ensemble une même zone 75 sont disposés suivant un même plan 80 perpendiculaire aux deux plans 34 et 35, c'est-à-dire également à la fibre moyenne du bras 31 définie par l'intersection 36 de ces deux plans 34 et 35, et chacune des faces 78 présente, en référence à son axe 79, un rayon r inférieur à la moitié de la dimension D que chaque face 37 présente perpendiculairement au plan 34, de telle sorte que subsiste entre les deux encoches 77 une bande 81 du

matériau constitutif du bras 31, offrant des dimensions suffisantes pour assurer la rigidité de celui-ci au cours de l'essai de flexion tout en étant plus sensible que le reste du bras 31 aux contraintes de flexion apparaissant alors dans celui-ci.

5 A cet effet, on utilise quatre jauges de déformation dont deux sont disposées d'un côté du plan 34 et les deux autres de l'autre côté de celui-ci, dans des positions mutuellement symétriques par rapport à ce plan 34 ; on peut ainsi placer quatre jauges dans une même zone 75 ou dans la zone 75 unique, suivant le plan 80 de cette zone 75, en collant deux contre l'une des
10 faces 78 correspondantes, respectivement de part et d'autre du plan 35 et dans des positions mutuellement symétriques par rapport à celui-ci, et deux contre l'autre des faces 78 correspondantes, également respectivement de part et d'autre du plan 35 et dans des positions mutuellement symétriques par rapport à celui-ci. Si au moins deux zones 75 sont prévues dans un
15 même bras 31, on peut encore coller chacune de ces jauges sur une face 78 respective, dans une position respective chevauchant le plan 35, de façon à disposer deux des jauges dans l'autre des zones 75, et deux autres dans l'une des zones 75. Dans tous les cas, les jauges sont disposées suivant le plan 80 de la zone 75 ou de la zone 75 respective, c'est-à-dire là où la bande
20 81 est la plus fine lorsqu'elle est mesurée perpendiculairement au plan 34.

Des jauges de contraintes disposées suivant ces deux possibilités ont été illustrées respectivement en 82 et 83 à droite de la figure 9 et à gauche de celle-ci, dans le cas dans lequel chaque bras 31 comporte deux zones 75 affaiblies en flexion, alors que la figure 10 illustre le positionnement
25 des deux jauges 82 respectivement de part et d'autre de la bande 81 de matière d'un bras 31 présentant une seule zone 75 affaiblie en flexion.

Comme le montre la figure 11, les quatre jauges 82 ou 83 sont reliées entre elles, de façon aisément concevable par un Homme du métier, pour constituer un pont d'extensométrie 84 qui, préalablement étalonné,

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

43

fournit à une carte d'acquisition 85 d'un ordinateur 86, à chaque instant, une tension U proportionnelle au moment M du couple de flexion subi par le bras 31 du fait de la réaction que la zone de flexion 2 de l'exemplaire respectif de l'éprouvette 1 oppose à la flexion, lors de la rotation relative alternée des bras 30 et 31 et de la flexion antagoniste alternée des zones de flexion 2 des deux exemplaires de l'éprouvette 1.

En complément, on peut également coller sur chacune des faces principales 8 de chacun des exemplaires de l'éprouvette 1, dans sa zone de flexion 2, suivant le plan moyen respectif tel que 35, perpendiculaire aux axes 26, une jauge respective de déformation 87. Les jauges de déformation 87, réalisant des mesures locales des déformations des zones de flexion 2 en surface, peuvent être également reliées, par l'intermédiaire de bornes fixées sur la zone 58 de l'exemplaire respectif de l'éprouvette 1, à un pont d'extensométrie permettant de mesurer en permanence les déformations des deux exemplaires de l'éprouvette 1 en surface, ce qui permet d'enregistrer dans l'ordinateur 86 non seulement la mesure du moment du couple opposé à la flexion, à chaque instant, par les zones de flexion 2 des deux exemplaires de l'éprouvette 1, mais également les déformations subies en surface par ces zones de flexions 2.

Le même ordinateur 86 commande les moteurs pas à pas des deux ensembles moteurs 21 de façon synchronisée, en envoyant des consignes à une carte 88 de commande de ces derniers, pour faire tourner les deux arbres 27 et 28 respectifs d'un angle désiré, autour de l'axe 26 respectif, l'un par rapport à l'autre, la carte de commande 88 envoyant à l'ordinateur 86 la valeur instantanée de la consigne angulaire ainsi envoyée aux ensembles moteurs 21.

La réalisation des programmes nécessaires relève des aptitudes normales d'un Homme du métier.

Un tel Homme du métier comprendra aisément que le procédé et le dispositif qui viennent d'être décrits permettent non seulement de s'affranchir des forces de frottement inhérentes aux procédés des dispositifs de l'Art antérieur, mais permet en outre d'effectuer sur les deux exemplaires de l'éprouvette 1 des essais en flexion pure, c'est-à-dire pratiquement sans soumettre ces deux exemplaires de l'éprouvette à des efforts normaux et/ou tranchants, ce qui permet d'obtenir des résultats véritablement significatifs en termes de comportement de la zone de flexion 2 en flexion.

Un tel procédé et un tel dispositif peuvent s'appliquer à toute conformation de l'éprouvette 1, pourvu que cette conformation et/ou la constitution de l'éprouvette 1 permettent de s'assurer de ce que la flexion antagoniste des deux exemplaires de l'éprouvette 1 provoquée par les rotations alternées des bras 30 et 31 des deux ensembles moteurs 21, préserve une fixité des zones de préhension 2 et 3 de l'éprouvette 1 suivant une direction perpendiculaire à un plan 35, perpendiculairement auquel on oriente les axes 26, ainsi qu'en orientation par rapport à ce plan 35, afin d'éviter l'apparition d'efforts normaux et/ou tranchants dans les zones de flexion 2. Naturellement, selon la conformation des zones de préhension 3 et 4 de l'éprouvette 1, l'Homme du métier adaptera la conformation des mors 32 et 33, à savoir plus particulièrement des faces telles que 52 et 53 délimitant les fentes 46 et 51 pour la réception solidaire de l'une, respective, des zones de préhension 3 et 4 d'un exemplaire de l'éprouvette 1.

Dans toute la mesure du possible, on conservera cependant aux mors des mâchoires de réception solidaire des zones de préhension 3 et 4 des deux exemplaires de l'éprouvette 1 une forme biseautée, telle que décrite en référence aux figures 16 et 17. Deux mors ainsi biseautés l'un vers l'autre, si l'on considère la position de repos, autorisent une flexion prononcée des zones de flexion 2, comme le montre la figure 18 d'où il ressort que la forme décrite en référence aux figures 16 et 17 permet de

faire tourner chacune des zones de préhension 3 par rapport à la zone de préhension 4 respectivement correspondante, par rotation relative de chacun des bras 31 par rapport au bras 30 du même ensemble moteur 21, autour de l'axe 26 correspondant, d'un angle allant jusqu'à 90°, alternativement dans un sens et dans l'autre, pour faire fléchir chacune des zones de flexion 2, entre les deux zones de préhension 3 et 4 du même exemplaire de l'éprouvette 1, d'un angle pouvant ainsi aller jusqu'à 90°, respectivement dans un sens et dans l'autre, à partir de l'état de repos, si l'on considère une éprouvette 1 présentant à l'état de repos la forme d'une plaque présentant un plan moyen 6 de symétrie, de part et d'autre duquel sa zone de flexion 2 peut subir des flexions de même amplitude.

Cependant, les modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention et le dispositif selon l'invention qui viennent d'être décrits ne sont pas les seuls à offrir la possibilité, caractéristique de la présente invention, de faire subir à deux exemplaires, mutuellement identiques, d'une éprouvette 1 des flexions antagonistes alternées en conservant au moins sensiblement une symétrie mutuelle par rapport à un point ou centre de symétrie 22, et les figures 19 à 24 illustrent un cas dans lequel, alors que les deux exemplaires de l'éprouvette 1 sont à l'état de repos et le dispositif 20 d'essai en flexion en position de repos, les axes 89 autour desquels on fait tourner l'une par rapport à l'autre les zones de préhension 3 et 4 de chaque exemplaire de l'éprouvette 1 ne sont plus mutuellement parallèles et mutuellement symétriques par rapport au centre de symétrie 22, comme on l'a décrit en référence aux figures 3 à 18, mais confondus en passant l'un et l'autre par le centre de symétrie 22.

De même que les axes 26 sont verticaux dans le mode de mise en œuvre décrit en référence aux figures 3 à 18, du fait du support des ensembles moteurs 21 par suspension à un bâti 23 au moyen de liens souples 29, les axes 89 sont verticaux du fait du mode de liaison choisi entre

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

46

le dispositif 20 et le support 23, mais d'autres orientations sont possibles dans un cas comme dans l'autre, en relation avec d'autres modes de liaison avec un support 23, en particulier si l'on choisit de supporter le dispositif d'essai en flexion 18, ou 19, ou 20 par coussin d'air ou matelas liquide, ces
5 exemples n'étant nullement limitatifs.

Si l'on se réfère aux figures 19, 20, 21, 24, qui illustrent le dispositif 20 dans sa position de repos, alors que les deux exemplaires de l'éprouvette 1 sont à l'état de repos, ce dispositif 20 est conformé d'une façon qui va être décrite à présent, à titre d'exemple non limitatif.

10 Comme les dispositifs 18 et 19, ce dispositif 20 comporte deux ensembles moteurs 90 mutuellement identiques, avantageusement constitués par des moteurs électriques pas à pas dont chacun comporte un rotor 91 guidé en rotation autour de l'un, respectif, des axes 89 par rapport à un stator 92.

15 Les ensembles moteurs 90 sont dans cet exemple mutuellement superposés verticalement, l'un d'entre eux définissant la partie inférieure du dispositif 20 alors que l'autre en définit la partie supérieure. Afin que la rotation commandée de chaque rotor 91 par rapport au stator 92 correspondant se traduise par une flexion pure de la zone de flexion 2 de
20 chaque exemplaire de l'éprouvette 1, le rotor 92 de l'ensemble moteur 90 inférieur repose sur une partie inférieure du support 23, à laquelle il est fixé rigidement, alors que le stator 92 de l'ensemble moteur 90 supérieur est suspendu à une partie supérieure du support 23, par l'intermédiaire de liens souples 93 aussi longs que possible afin qu'une rotation du stator 92 de
25 l'ensemble moteur supérieur 90 autour de l'axe 89, par rapport au support 23, dans des conditions qui découleront de la suite de la description, c'est-à-dire sur un angle limité à quelques dizaines de degrés, ne se traduise pratiquement par aucune modification sensible de niveau du stator 92, c'est-

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

47

à-dire pratiquement par aucune modification de niveau relatif des deux ensembles moteurs 90.

Comme chacun des ensembles moteurs 21, chacun des ensembles moteurs 90 comporte deux arbres coaxiaux de sortie, toutefois disposés dans ce cas d'un même côté de l'ensemble moteur 90 en référence à l'axe 89, à savoir un arbre de sortie 93 solidaire du rotor 91, disposé suivant l'axe 89 et subdivisé en deux tronçons mutuellement espacés suivant cet axe, et un arbre de sortie 94 solidaire du stator 92, subdivisé en deux tronçons mutuellement espacés suivant l'axe 89 et dont chacun présente une forme tubulaire, entourant coaxialement l'un, respectif, des tronçons de l'arbre de sortie 93, dans une relation de guidage à la rotation relative autour de l'axe 89 sans autre possibilité de déplacement relatif. Les deux tronçons de chacun des arbres de sortie 93 et 94 sont situés d'un même côté du point ou centre de symétrie 22, de part et d'autre duquel sont disposés les tronçons des arbres de sortie 93 et 94 correspondant respectivement aux deux sous-ensembles 90, de même que les rotors 91 et stator 92 de ces deux ensembles moteurs 90.

Les deux tronçons de l'arbre de sortie 93 d'un même ensemble moteur 90, de même que les deux tronçons de l'arbre de sortie 94 de cet ensemble moteur 90, sont raccordés mutuellement, de façon solidaire, par un étrier rigide 95, 96, l'étrier 96 raccordant les deux tronçons de l'arbre de sortie 94 entourant l'étrier 95 raccordant les deux tronçons de l'arbre de sortie 93, suivant un même plan moyen 97 qui se confond avec le plan moyen 6 de symétrie des deux exemplaires de l'éprouvette 1 si l'on considère le dispositif 20 dans la position de repos et chacun des exemplaires de l'éprouvette 1 à l'état de repos, comme il est illustré aux figures 19, 20, 21, 24.

Plus précisément, chacun des étriers 95 et 96 est constitué de deux bras respectifs 98, 99 rigides, orientés radialement par rapport à l'axe

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

48

89 et solidaires des tronçons de l'arbre de sortie 93, 94 qu'ils raccordent mutuellement, et d'une entretoise rectiligne respective 100, 101, rigide, parallèle à l'axe 89, et raccordant solidairement, rigidement, les deux bras 98, 99 respectivement correspondants. Dans la position de repos illustrée aux figures 19, 20, 21, 24, correspondant à l'état de repos des deux exemplaires de l'éprouvette 1, les étriers 95 et 96 correspondant à l'un des sous-ensembles moteurs 90 sont disposés suivant le plan 97 d'un même côté de l'axe 89, à l'opposé de cet axe par rapport aux étriers 95 et 96 correspondant à l'autre ensemble moteur 90.

Vers l'axe 89, chaque entretoise 100 porte solidairement un mors respectif 102, dont la conception peut être identique à celle des mors 32 et 33 décrits en référence au mode de mise en œuvre illustré aux figures 3 à 18 et qui a pour fonction d'assurer une solidarisation amovible, par serrage entre deux mâchoires respectives, avec l'une des zones de préhension 3, 4 d'un exemplaire respectif de l'éprouvette 1 qui, si l'on se réfère à son état de repos et à la position de repos du dispositif 20, présente son plan moyen 5 de symétrie perpendiculairement à l'axe 89, son plan moyen 6 de symétrie confondu avec le plan 97 et incluant par conséquent l'axe 89, et son plan moyen 3 de symétrie à 90° par rapport au plan 97 et incluant également l'axe 89.

L'autre des zones de préhension 3, 4 de chaque exemplaire de l'éprouvette 1 est solidarisée dans les mêmes conditions avec un mors 103, de même conception, situé dans une position diamétralement opposée à celle du mors 102 en référence à l'axe 89 dans la position de repos du dispositif 20, correspondant à l'état de repos de chaque exemplaire de l'éprouvette 1. Ce mors 103 est quant à lui relié rigidement par une entretoise rectiligne 104, parallèle à l'axe 89, à l'étrier 96 correspondant à l'autre ensemble moteur 90. Si l'on se réfère à la position de repos du dispositif 20 et à l'état de repos des deux exemplaires de l'éprouvette 1,

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

49

l'entretoise 104 est liée par un mors 103 à un exemplaire déterminé de l'éprouvette 1 et située suivant le plan 97, du côté de l'axe 99 diamétralement opposé au côté où se trouve l'entretoise 100 solidarisée par un mors 102 avec l'autre zone de préhension du même exemplaire de l'éprouvette 1.

Les deux ensembles moteurs 90 ainsi constitués, comportant les étriers 95, 96, les mors 102, 103 et les entretoises 104, sont mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie 22 en particulier dans la position de repos du dispositif 20, correspondant à l'état de repos des deux exemplaires de l'éprouvette 1, eux-mêmes alors mutuellement symétriques par rapport au point ou centre de symétrie 22.

Si, à partir de la position de repos, on fait tourner de façon commandée les deux arbres de sortie 93 d'un même angle, autour de l'axe 89, par rapport au stator 92 respectif, dans un même sens si l'on considère le dispositif 20 dans son ensemble, c'est-à-dire dans des sens mutuellement opposés si l'on considère les deux ensembles moteurs 90 indépendamment de leur orientation dans le dispositif 20, les bras 98 de chacun des sous-ensembles 90 se décalent angulairement par rapport aux bras 99 du même ensemble moteur 90 d'un même angle, dans des sens correspondant au sens de rotation, mais la symétrie du dispositif 20 considéré dans son ensemble, y compris en ce qui concerne les deux exemplaires de l'éprouvette 1, en référence au point ou centre de symétrie 22, se conserve et les deux exemplaires de l'éprouvette 1 subissent des flexions antagonistes, comme l'illustrent par exemple les figures 22 et 23 qui montrent respectivement l'exemplaire inférieur de l'éprouvette 1 et l'exemplaire supérieur de cette éprouvette, dans l'état respectif de flexion à angle droit entre leurs zones de préhension respectives 3, 4. Cette flexion est localisée au niveau de leur zone de flexion respective 2 dans la mesure où, dans ce mode de mise en œuvre comme dans celui qui a été décrit en référence aux figures 2 à 18, les

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

zones de préhension 2 et 3 sont intégralement tenues rigidement dans les deux mors, seule la zone de flexion 2 étant libre, en particulier de fléchir, entre ces derniers.

Lors de cette flexion et par raison de symétrie, la perpendicularité de chacun des plans moyens 5 de symétrie par rapport à l'axe 89 se conserve, et les axes 89 restent sensiblement coaxiaux, passant par le point 22, seule une légère différence de comportement entre les deux exemplaires de l'éprouvette 1 pouvant provoquer un léger décalage entre eux, dans des conditions qui restent cependant négligeables en termes d'influence sur les mesures.

Ces mesures sont effectuées dans les mêmes conditions que dans l'exemple décrit en référence aux figures 2 à 18, en ce sens que, de préférence, on mesure la résistance opposée à la flexion par chacune des zones de flexion 2 en mesurant un moment résistant dans l'un, au moins, des bras 98 et 99, étant entendu que les bras 98 sont mutuellement identiques, de même que les bras 99, et présentent avantageusement au moins une zone affaiblie en flexion, disposée identiquement par rapport à l'axe 89, d'une façon en tout point similaire à celle qui a été décrite en référence au mode de mise en œuvre de l'invention illustré aux figures 3 à 18.

Ce mode de mise en œuvre de l'invention ne sera donc pas détaillé davantage, et l'on se référera au mode de mise en œuvre décrit en référence aux figures 2 à 18 en ce qui concerne la pratique de la mesure.

Naturellement, les deux modes de mise en œuvre de l'invention qui viennent d'être décrits ne constituent que des exemples non limitatifs, par rapport auxquels on pourra prévoir de nombreuses variantes sans sortir pour autant du cadre de cette invention, tel qu'il est défini dans les revendications.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'essai de flexion pure, éventuellement alternée, comportant la succession des étapes consistant à :

- 5 a) réaliser ou choisir une éprouvette (1) comportant deux zones extrêmes (3, 4) de préhension mutuellement opposées et une zone de flexion (2) raccordant mutuellement les deux zones de préhension (3, 4), ladite éprouvette (1) présentant, dans un état de repos, un premier plan moyen (5) que chevauchent la zone de flexion (2) et chacune des zones de
- 10 préhension (3, 4) et qui constitue un premier plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), et une surface moyenne (6) pour la zone de flexion (2) et chacune des zones de préhension (3, 4), laquelle surface moyenne (6) est perpendiculaire au premier plan moyen (5),
- 15 b) en laissant l'éprouvette (1) à l'état de repos, saisir rigidement les deux zones de préhension (3, 4) de celle-ci en définissant pour chacune un axe respectif (26, 89) de pivotement perpendiculaire au premier plan moyen (5) et occupant une position déterminée d'une part par rapport à la zone respective de préhension (3, 4) et d'autre part par rapport à la surface moyenne (6), et
- 20 c) imposer aux deux zones de préhension (3, 4) de l'éprouvette (1) des rotations antagonistes commandées, éventuellement alternées autour de l'axe de pivotement respectif (26, 89), à partir de l'état de repos, en laissant les axes de pivotement (26, 89) libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre, pour imposer une flexion éventuellement
- 25 alternée à la zone de flexion (2), et étudier le comportement de la zone de flexion en flexion pure,

caractérisé en ce qu'on le met en œuvre simultanément sur deux exemplaires, mutuellement identiques, de ladite éprouvette (1), en mettant en œuvre :

- l'étape b de telle sorte que les premiers plans moyens (5) des deux exemplaires soient mutuellement parallèles et que les surfaces moyennes (6) des deux exemplaires soient mutuellement symétriques par rapport à un point (22) alors que les deux exemplaires sont à l'état de repos et de telle sorte que les axes de pivotement (26, 89) des deux exemplaires soient communs et mutuellement symétriques par rapport audit point (22), et
- l'étape c en appliquant de façon commandée autour de chaque axe de pivotement (26, 89), aux zones de préhension (3, 4) respectivement correspondantes, des couples antagonistes, éventuellement alternés, de façon à imposer des flexions antagonistes éventuellement alternées aux zones de flexion (2) des deux exemplaires, en laissant les axes de pivotement (26, 89) se déplacer librement l'un par rapport à l'autre.

2. Procédé selon la revendication 1, l'éprouvette (1) présentant à titre de surface moyenne (6), dans son état de repos, un deuxième plan moyen (6) qui constitue un deuxième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), caractérisé en ce que l'on met en œuvre l'étape b de telle sorte que les deuxièmes plans moyens (6) des deux exemplaires coïncident alors que les deux exemplaires sont à l'état de repos et de telle sorte que les axes de pivotement (26, 89) soient placés dans les deuxièmes plans moyens (6) ainsi coïncidents.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, l'éprouvette (1) présentant dans son état de repos un troisième plan moyen (7) qui est perpendiculaire au premier plan moyen (5), est chevauché par la zone de flexion (2) alors que les zones de préhension (3, 4) sont disposées respectivement de part et d'autre de lui, et constitue un troisième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), caractérisé en ce que l'on met en œuvre l'étape b de telle sorte que les troisièmes plans moyens (7) des deux exemplaires coïncident et que les axes de pivotement (26, 89) soient

WO 2004/017047

PCT/FR2003/002515

mutuellement symétriques par rapport aux troisièmes plans moyens (7) ainsi coïncidents.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, lors de l'étape c, on étudie le comportement de la zone de flexion (2) de l'éprouvette (1) en flexion pure en mesurant la résistance opposée à ladite rotation par l'une, au moins, des zones de préhension (3, 4), en particulier pour en déduire l'évolution de la résistance de la zone de flexion (2) à la flexion.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on met en œuvre l'étape b en raccordant chacune des zones de préhension (3, 4) à l'axe de pivotement (26, 89) respectivement correspondant par un bras (30, 31, 98, 99), les bras (30, 31, 98, 99) correspondant aux zones de préhension des deux exemplaires étant mutuellement symétriques par rapport audit point (22), et en raccordant les deux bras (30, 31, 98, 99) correspondant à un même axe de pivotement (26, 89) par un moteur commandé respectif, apte à provoquer des rotations antagonistes, éventuellement alternées, des deux bras (30, 31, 98, 99) autour de l'axe de pivotement (26, 89) respectif, les moteurs commandés (105, 106) correspondant aux deux axes de pivotement (26, 89) étant mutuellement identiques et autorisés à se déplacer librement l'un par rapport à l'autre.

6. Procédé selon la revendication 5 dans sa relation de dépendance vis-à-vis de la revendication 4, caractérisé en ce que l'on met en œuvre l'étape b en faisant en sorte que chaque bras (30, 31, 98, 99) soit élastiquement flexible suivant le premier plan moyen (5) de l'exemplaire de correspondant de l'éprouvette (1), avec une raideur supérieure à celle de la zone de flexion (2) de celle-ci, et soit rigide par ailleurs, et en ce que, lors de l'étape c, on mesure la résistance opposée à la rotation par mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras (30, 31, 98, 99)

suivant le premier plan moyen (5) de l'exemplaire correspondant de l'éprouvette (1).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'on agence les bras (30, 31) et les moteurs commandés (105) de telle sorte que, lors de l'étape b, les axes de pivotement (26) soient mutuellement parallèles et disposés respectivement de part et d'autre dudit point (22).

8. Procédé selon la revendication 7 dans sa relation de dépendance vis-à-vis de la revendication 3, le troisième plan moyen (7) de l'éprouvette (1) constituant un plan de symétrie mutuelle pour ses zones de préhension (3, 4), caractérisé en ce que les bras (30, 31) correspondant aux zones de préhension des deux exemplaires sont mutuellement identiques.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'on agence les bras (98, 99) et les moteurs commandés (106) de telle sorte que, lors de l'étape b, les axes de pivotement (89) soient confondus et passent par ledit point (22).

10. Procédé selon l'une quelconque 1 à 9, caractérisé en ce que, lors de l'étape a, on réalise ou choisit chaque exemplaire de l'éprouvette (1) de telle sorte qu'il présente la forme d'une plaque dont l'épaisseur (e) est orientée perpendiculairement à la surface moyenne (6).

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, lors de l'étape a, on réalise ou choisit chaque exemplaire de l'éprouvette (1) de telle sorte que, en outre, ladite épaisseur (e) soit constante au moins dans la zone de flexion (2).

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que, lors de l'étape a, on réalise ou choisit chaque exemplaire de l'éprouvette (1) de telle sorte qu'il présente une dimension

(L₁) constante, perpendiculairement au premier plan moyen (5), au moins dans la zone de flexion (2).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, lors de l'étape a, on réalise ou choisit chaque
5 exemplaire de l'éprouvette (1) de telle sorte qu'il présente une transition (107) perpendiculaire au premier plan moyen (5) entre la zone de flexion (2) et chaque zone de préhension (3, 4), respectivement.

14. Dispositif d'essai de flexion pure, éventuellement alternée, sur une éprouvette (1) comportant deux zones extrêmes de préhension (3,
10 4) mutuellement opposées et une zone de flexion (2) raccordant mutuellement les deux zones de préhension (3, 4), ladite éprouvette (1) présentant, dans un état de repos, un premier plan moyen (5) que chevauchent la zone de flexion (2) et chacune des zones de préhension (3,
15 4) et qui constitue un premier plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), et une surface moyenne (6) pour la zone de flexion (2) et chacune des zones de préhension (3, 4), laquelle surface moyenne (6) est perpendiculaire au premier plan moyen (5), ce dispositif (18, 19, 20) comportant :

- une paire de mors (32, 33, 100, 103) dont chacun définit une fente (46,
20 51) de préhension solidaire pour une zone respective de préhension (3, 4) de l'éprouvette (1), les fentes (46, 51) présentant, dans une position relative de repos correspondant à l'état de repos de l'éprouvette (1), un premier plan moyen (34) que chevauche chacune des fentes (46, 51), et une surface moyenne (35) pour chacune des fentes (46, 51), surface
25 moyenne (35) de part et d'autre de laquelle chaque fente (46, 51) présente une face respective de serrage (52, 53) pour la zone respective de préhension (3, 4) de l'éprouvette (1) et qui est perpendiculaire au premier plan moyen (34) des fentes (46, 51),

WO.2004/017047

PCT/FR2003/002515

56

- des moyens (27, 28, 30, 31, 93, 94, 98, 99) pour définir pour chaque mors un axe respectif de pivotement (26, 89) de telle sorte que, dans la position relative de repos des mors (32, 33, 100, 103), les axes de pivotement (26, 89) soient perpendiculaires au premier plan moyen (34) des fentes (46, 51), occupent une position déterminée par rapport au mors respectif (32, 33, 100, 103), et soient libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre,
 - des moyens commandés (105, 106) pour imposer aux mors (32, 33, 100, 103) des rotations antagonistes, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement respectif (26, 89), à partir de la position relative de repos des mors (32, 33, 100, 103), en laissant les axes de pivotement (26, 89) libres de se rapprocher ou de s'éloigner l'un de l'autre, et
 - des moyens (82, 83, 84, 86) pour mesurer le comportement de la zone de flexion (2) de l'éprouvette (1) en flexion pure,
- caractérisé en ce que, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13,
- il comporte deux jeux, mutuellement identiques, de ladite paire de mors (32, 33, 100, 103), dont les premiers plans moyens (34) des fentes (46, 51) sont mutuellement parallèles et dont les surfaces moyennes (35) des fentes (46, 51) sont mutuellement symétriques par rapport à un point (22) alors que les deux jeux occupent leur position de repos, dans laquelle chacun est apte à recevoir un exemplaire respectif de l'éprouvette (1) à l'état de repos, dans une position relative des deux exemplaires telle qu'ils soient mutuellement symétriques par rapport audit point (22),
 - les moyens (27, 28, 30, 31, 93, 94, 98, 99) pour définir les axes de pivotement (26, 89) des mors (32, 33, 100, 103) des deux jeux sont agencés de telle sorte que les axes de pivotement (26, 89) soient communs aux deux jeux, mutuellement symétriques par rapport audit

point (22) lorsque les deux jeux occupent leur position de repos, et libres de se déplacer l'un par rapport à l'autre, et

- les moyens commandés (105, 106) pour imposer au mors (32, 33, 100, 103) des deux jeux des rotations antagonistes, éventuellement alternées, comportent des moyens moteurs commandés (105, 106) pour appliquer autour de chaque axe de pivotement (26, 89), aux mors correspondants (32, 33, 100, 103), des couples antagonistes éventuellement alternés.

15. Dispositif selon la revendication 14, l'éprouvette (1) présentant à titre de surface moyenne (6), dans son état de repos, un deuxième plan moyen (6) qui constitue un deuxième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), les fentes (46, 51) de ladite paire de mors (32, 33, 100, 103) présentant à titre de surface moyenne (35) un deuxième plan moyen (35) entre les faces de serrage (52, 53) de chaque mors (32, 33, 100, 103), dans la position de repos,

caractérisé en ce que les deuxièmes plans moyens (6) des deux jeux de ladite paire sont mutuellement symétriques par rapport audit point (22) alors que les deux jeux sont dans la position de repos.

16. Dispositif selon la revendication 15, l'éprouvette (1) présentant dans son état de repos un troisième plan moyen (7) qui est perpendiculaire au premier plan moyen (5), est chevauché par la zone de flexion (2) alors que les zones de préhension (3, 4) sont disposées respectivement de part et d'autre de lui, et constitue un troisième plan de symétrie au moins pour la zone de flexion (2), et les fentes (46, 51) de ladite paire de mors (32, 33, 100, 103) présentant, dans la position de repos, un troisième plan moyen (108) de part et d'autre duquel elles sont disposées et qui est perpendiculaire à leur premier plan moyen (34),

caractérisé en ce que les troisièmes plans moyens des deux jeux de ladite paire sont mutuellement symétriques par rapport audit point (22) alors que les deux jeux sont dans la position de repos.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que les moyens (82, 83, 84, 86) pour mesurer le comportement de la zone de flexion (2) de l'éprouvette (1) en flexion pure comportent :

- 5 - des moyens (82, 83, 84) de mesure de la résistance opposée à ladite rotation alternée par l'un, au moins, des mors (32, 33, 100, 103), et, le cas échéant,
- des moyens (86) pour en déduire l'évolution de la résistance de l'éprouvette (1) à la flexion entre les mors (32, 33, 100, 103).

10 18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce que :

- les moyens (27, 28, 30, 31, 98, 99) pour définir les axes de pivotement (26, 89) des deux jeux comportent :

15 - suivant chacun des axes de pivotement (26, 89), deux arbres coaxiaux respectifs (27, 28, 93, 94) montés à la rotation relative autour de l'axe de pivotement (26, 89) correspondant, et

20 - quatre bras (30, 31, 98, 99), mutuellement symétriques par rapport audit point (22), dont chacun relie solidairement l'un, respectif, des arbres (27, 28, 93, 94) à l'un respectif, des mors (32, 33, 100, 103) correspondant au même axe de pivotement (26, 89), et

25 - les moyens moteurs commandés (105, 106) pour appliquer autour de chaque axe de pivotement (26, 89), aux mors (32, 33, 100, 103) correspondants, des couples antagonistes, éventuellement alternés, comportent deux moteurs commandés (105, 106), mutuellement identiques et agencés de façon à pouvoir se déplacer librement l'un par rapport à l'autre, chacun des moteurs (105, 106) étant associé à l'un, respectif, des axes de pivotement (26, 89) et apte à provoquer des rotations antagonistes, éventuellement alternées, des deux arbres (27, 28, 93, 94) respectivement correspondants.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce que les moteurs (105, 106) sont des moteurs électriques pas à pas.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 18 et 19 dans sa relation de dépendance vis-à-vis de la revendication 17, caractérisé en ce que chaque bras (30, 31, 98, 99) est élastiquement flexible suivant le premier plan moyen (34) de la fente (46, 51) du mors (32, 33, 100, 103) correspondant, avec une raideur supérieure à celle de la zone de flexion (2) de l'éprouvette, et est rigide par ailleurs, et en ce que les moyens de mesure (82, 83, 84) comportent des moyens (82, 83) de mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras (30, 31, 98, 99) suivant le premier plan moyen (34) de la fente (46, 51) du mors (32, 33, 100, 103) correspondant.

21. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que les bras (30, 31, 98, 99) présentent, dans des positions mutuellement symétriques par rapport audit point (22), au moins une zone respective (75) affaiblie en flexion suivant le premier plan moyen (34) de la fente (46, 51) du mors (32, 33, 100, 103) correspondant et

en ce que les moyens (82, 83) de mesure des contraintes de flexion sont localisés dans ladite zone (75) de l'un, au moins, des bras (30, 31, 98, 99).

22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 18 à 21, caractérisé en ce que les bras (30, 31), les arbres (27, 28) et les moteurs (105) sont agencés de telle sorte que, dans la position de repos, les axes de pivotement (26) soient mutuellement parallèles et disposés respectivement de part et d'autre dudit point (22).

23.. Dispositif selon la revendication 22 dans sa relation de dépendance vis-à-vis de la revendication 16, le troisième plan moyen (7) de l'éprouvette (1) constituant un plan de symétrie mutuelle pour les zones de préhension (2, 3),

W0 2004/017047

PCT/FR2003/002515

60

caractérisé en ce que les bras (30, 31) sont mutuellement identiques.

24. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 18 à 21, caractérisé en ce que les bras (98, 99), les arbres (93, 94) et les moteurs (106) sont agencés de telle sorte que, dans la position de repos, les axes de pivotement (89) soient confondus et passent par ledit point (22).

25. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 24, caractérisé en ce que les mors (32, 33, 102, 103) sont biseautés de façon à s'amincir l'un vers l'autre, dans la position de repos des mors (32, 33, 102, 103).

26. Machine d'essai de flexion pure, éventuellement alternée, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- deux ensembles moteurs (21, 90) mutuellement identiques et mutuellement indépendants mécaniquement, dont chacun comporte
 - ♦ deux mors (32, 33, 102, 103) dont chacun est susceptible de recevoir solidairement une zone de préhension respective (34) d'un exemplaire respectif d'une même éprouvette de flexion (1),
 - ♦ des moyens (27, 28, 30, 31, 93, 94, 98, 99) pour définir un axe de pivotement relatif (26, 89) pour les deux mors (32, 33, 102, 103), occupant une position déterminée par rapport à chacun des deux mors (32, 33, 102, 103), dans une position relative de repos,
 - ♦ des moyens moteurs commandés (105, 106) pour imposer aux mors (32, 33, 100, 103) des rotations relatives, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif (26, 89), à partir de la position relative de repos,
- des moyens communs (86) de commande des moyens moteurs (105, 106) des deux ensembles moteurs (21, 90), pour imposer aux mors (32,

WQ 2004/017047

PCT/FR2003/002515

. 61

33, 100, 103) respectifs des rotations relatives, éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif (26, 89) respectif.

27. Machine selon la revendication 26, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- 5 - des moyens (82, 83, 84) de mesure de la résistance opposée à la rotation relative par l'un, au moins, desdits mors (32, 33, 100, 103).

28. Machine selon l'une quelconque des revendications 26 et 27, caractérisée en ce que respectivement pour chacun desdits ensembles moteurs (21, 90),

- 10 - les moyens (27, 28, 30, 31, 93, 94, 98, 99) pour définir l'axe de pivotement (26, 89) relatif des deux mors (32, 33, 100, 103) comportent :
- deux arbres coaxiaux (27, 28, 93, 94) montés à la rotation relative autour de l'axe de pivotement relatif (26, 89),
 - 15 • deux bras (30, 31, 98, 99) dont chacun relie solidairement l'un des mors (32, 33, 100, 103) à l'un, respectif, des arbres (27, 28, 93, 94), et
 - les moyens moteurs commandés (105, 106) pour imposer aux mors (32, 33, 100, 103) des rotations relatives éventuellement alternées, autour de l'axe de pivotement relatif (26, 89), comportent un moteur commandé
 - 20 (105, 106), mécaniquement indépendant du moteur commandé (105, 106) de l'autre ensemble moteur (21, 90) et apte à provoquer des rotations relatives, éventuellement alternées, des deux arbres (27, 28, 93, 94).

29. Machine selon la revendication 28, caractérisée en ce que le
- 25 moteur commandé (105, 106) est un moteur électrique pas à pas.

30. Machine selon l'une quelconque des revendications 28 et 29, dans leur relation de dépendance vis-à-vis de la revendication 27, caractérisée en ce que chaque bras (30, 31, 98, 99) est élastiquement flexible suivant un plan moyen (34) perpendiculaire à l'axe de pivotement

WÔ 2004/017047

PCT/FR2003/002515

62

(28, 29) et est rigide par ailleurs, et en ce que les moyens de mesure (82, 83, 84) comportent des moyens (82, 83) de mesure des contraintes de flexion subies par l'un, au moins, des bras (30, 31, 98, 99), suivant ledit plan moyen (34).

5 31. Machine selon la revendication 30, caractérisée en ce que chacun des bras (30, 31, 98, 99) présente au moins une zone (75) affaiblie en flexion suivant ledit plan moyen (34) et en ce que les moyens (82, 83) de mesure des contraintes de flexion sont localisés dans ladite zone (75) de l'un, au moins, des bras (30, 31, 98, 99).

10 32. Machine selon l'une quelconque des revendications 26 à 31, caractérisée en ce que les bras (30, 31) sont mutuellement identiques.

 33. Machine selon l'une quelconque des revendications 26 à 32, caractérisée en ce que les mors (32, 33, 100, 103) sont biseautés.